

KLINISHES HANDBUCH COMPEX 3

Compex[®]
Professional



LISTE DER PROGRAMME

ALLG. BEHANDLUNG

Kategorien	Programme	Mi-SCAN	Mi-TENS	Mi-ACTION	Mi-RANGE	Kanal TENS
Rehabilitation	Muskelatrophie	■		▼		2
	Praev. Muskelatrophie	■		▼		2
	Muskelkraeftigung	■		▼		2
	Hueftprothese	■				2
	Patellasyndrom	■				1
	Rotatorenmanschette	■		▼		2
	UKB	■				
	Muskelverletzung	■		▼		2
	Motorischer Reizpunkt					
Analgetisch	Tens		●			
	Tens gewobbelt		●			
	Endorphin	■			▲	2
	Akuter Schmerz	■			▲	2
	Zervikalgie	■			▲	2
	Dorsalgie	■			▲	2
	Lumbalgie	■			▲	2
	Ischialgie	■			▲	2
	Lumbago	■			▲	2
	Epikondylitis		●			
	Torticollis	■			▲	2
	Arthralgie		●			
Vaskulaer	Schwere Beine	■			▲	
	Veneninsuffizienz 1	■				
	Veneninsuffizienz 2	■				
	Arterieninsuffizienz 1	■				
	Arterieninsuffizienz 2	■				
	Krampfuerbeugung	■			▲	
	Kapillarisation	■			▲	

SPEZIF. BEHANDLUNG

Kategorien	Programme	Mi-SCAN	Mi-TENS	Mi-ACTION	Mi-RANGE	Kanal TENS
Gleichstrom	Iontophorese					
	Hyperhidrose					
	Ödem					
Denerviert	Kompl. automatisch					
	Teilw. automatisch					
	Kompl. manuell					
	Teilw. manuell					
Agonist/Antagonist	Atrophie 1/1	■				
	Muskelkraeftigung 1/1	■				
	Atrophie 1/2	■				
	Muskelkraeftigung 2/1	■				
Inkontinenz	Stressinkontinenz					
	Dranginkontinenz					
	Mixed Inkontinenz					
	Preu post Partum					
Spastizitaet	Hemiplegischer Fuss	■				
	Spastizitaet	■				
	Schulter subluxation	■				2
Haemophilie	H Muskelatrophie	■				2
	H Muskelkraeftigung	■				2
Figur	Festigung	■		▼		
	Straffung	■		▼		
	Shaping	■		▼		
	Formung	■		▼		
	Bauch	■				
	Gesaess	■				
	Elastizitaet	■			▲	
	Kalorilyse	■				
	Adipostress					
Personalisiert						

FITNESS BASIS						
Kategorien	Programme	mi-SCAN	mi-TENS	mi-ACTION	mi-RANGE	Kanal TENS
Sport	Prestart	■				
	Aerobe Ausdauer	■				
	Anaerobe Ausdauer	■		▼		
	Kraft	■		▼		
	Schnellkraft	■		▼		
	Pliometrie	■		▼		
	Hypertrophie	■		▼		
	Regeneration	■		▼		
	Stretching	■				
	Rueckenstaerkung	■		▼		
	Rumpfstabilisation	■		▼		
	Aktive Erholung	■			▲	
	Erholung plus	■			▲	
Fitness	Muskeltraining	■		▼		
	Bodybuilding	■		▼		
	Muskeldefinition	■		▼		
	Aerobic	■		▼		
	Kraftausdauer	■		▼		
	Power	■		▼		
	Stepping	■		▼		
Cross-training	Speedplay	■		▼		
	Cross-Aerob	■		▼		
	Cross-Anaerob	■		▼		
	Cross-Explosiv	■		▼		
Massage	Aufwaermungsmassage	■			▲	
	Entspannungsmassage	■			▲	
	Aktivierungsmassage	■			▲	
	Anti-Stress Massage	■			▲	
	Stroemungsmassage 1	■			▲	
	Stroemungsmassage 2	■			▲	
Test	Demo	■	●	▼	▲	

INHALT

Grundprinzipien

Seite 9

Programme zur Neurostimulation

Seite 29

Iontophorese

Seite 65

Denervierte Muskeln

Seite 81

Ödem

Seite 95

Spezifische Indikationen der Elektrostimulation

Seite 97

Grundprinzipien

Vorwort

Seite 11

Der optimale Strom

Seite 16

**Grundbegriffe
der Reizstromphysiologie**

Seite 22

VORWORT

Die Elektrotherapie hat in der letzten Zeit sehr wichtige Fortschritte gemacht, die vielen Anwendern noch wenig oder gar nicht bekannt sind. Die Änderungen und Verbesserungen in der Elektrotherapie sind derart gewaltig, dass diese Therapieform wie ein neues Konzept erscheint, das nur mit besten Hightech-Geräten korrekt und wirkungsvoll angewandt werden kann. Ziel der vorliegenden Schriften ist es, dieses neue Konzept künftigen Anwendern des Compex nahezubringen. Jenen, die bereits mit diesem Gerät arbeiten, soll es unter Berücksichtigung des aktuellen Wissensstandes und der Ergebnisse neuerer, wissenschaftlicher Arbeiten Erläuterungen und Daten zur Verfügung stellen und damit eine optimale Anwendung des Compex Stimulators gewährleisten.

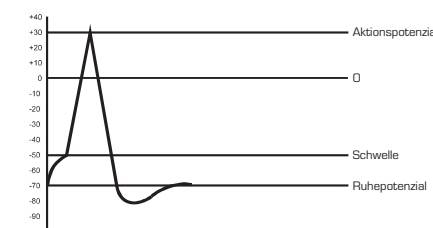
**A: Das Grundprinzip der
Elektrostimulation**

Die Elektrostimulation ist eine Technik, mit der bei reizbaren Zellen (Nerven- oder Muskelzellen) mit Hilfe eines elektrischen Stroms Aktionspotenziale (AP) aufgebaut werden.

An der Zellmembran herrscht ein Potenzial von durchschnittlich -70 mV, das so genannte Ruhepotenzial. Die der Zelle zugewandte Membranoberfläche entspricht im Verhältnis zur abgewandten Membranoberfläche dem negativen Pol. Um die Membran einer Nervenzelle zu erregen, d.h. um an ihrer Oberfläche ein

Aktionspotenzial zu erzeugen, muss das Ruhepotenzial auf einen bestimmten Schwellenwert gesenkt werden, der durchschnittlich -50 mV beträgt (Abb. 1). Wenn dieser Schwellenwert erreicht ist, wechselt die Membran vom Ruhezustand in den Aktivitätszustand. Es tritt ein Aktionspotenzial auf, das sich entlang der Nervenfasern fortbewegt. Es entspricht dem Nervensignal, das entweder zu den Muskeln gesandt wird, um ihre Kontraktion zu veranlassen, oder für sensible Rückmeldungen aus der Peripherie ins Gehirn gelangt.

Abbildung 1



Um eine Nervenfasern elektrisch zu stimulieren, reduziert man mit Hilfe eines elektrischen Stroms, der auf die Haut appliziert wird, an einem Punkt der Zellmembran das Ruhepotenzial auf das Schwellenpotenzial zu reduzieren. Die erste Frage, die sich nun stellt, betrifft die Wahl des stimulierenden Stroms. Welche Stromart sollen wir verwenden? Es ist offensichtlich, dass wir einen Schwellenstrom verwenden müssen, nämlich jenen, der in der Lage ist, das Ruhepotenzial auf das Schwellenpotenzial zu reduzieren und gleichzeitig für den Patienten optimal erträglich ist. Mit anderen Worten, die elektrischen Merkmale dieses Stroms müssen minimal sein: Intensität, Energie und Dauer müssen so klein wie möglich sein!

Wir müssen, um die Merkmale dieses optimalen Stromes zu finden, die physikalischen Gesetze kennen, denen er unterliegt. Die Wiederholung bzw. die Erläuterung dieser Gesetze ist Inhalt dieses ersten Kapitels. Im zweiten Kapitel werden unter Berücksichtigung dieser Gesetze und der entsprechenden Grundlagen die Eigenschaften des optimalen Stromes festgelegt.

Am Ende des letzten und zu Beginn des jetzigen Jahrhunderts haben berühmte Physiologen, wie zum Beispiel Weiss, Hoorweg, Du Bois Reymond und Lapicque dank beachtenswerter Experimente und intensiver Diskussionen die physikalischen Gesetze der Elektrostimulation und deren mathematische Formeln gefunden.

Unter Berufung auf die Ergebnisse von Weiss (Arzt und Physiologe in Paris), konnte Hoorweg die entscheidende Bedeutung der Menge der elektrischen Ladung, die durch den Stimulationsstrom appliziert wird, aufzeigen. Seine Experimente führten ihn zum grundlegenden Schluss, dass nicht die Form sondern die Menge des Stroms während eines bestimmten Zeitraums entscheidend ist, um eine Stimulation hervorzurufen. Anders ausgedrückt: Wenn der Wert der Reizschwelle mit der Strommenge (bzw. Ladung) ausgedrückt wird, die benötigt wird, um diese Schwelle zu erreichen, dann ist dieser Wert selbst für unterschiedliche Stromapplikationen bei gleicher Gesamtanwendungsdauer vergleichbar.

Zur Erinnerung

Die Menge der elektrischen Ladung (Q), die ein elektrischer Strom einer bestimmten Stromstärke (I) während einer bestimmten Zeit (t) liefert, entspricht dem Produkt der Stromstärke mal der Zeit:

$$Q = I \times t$$

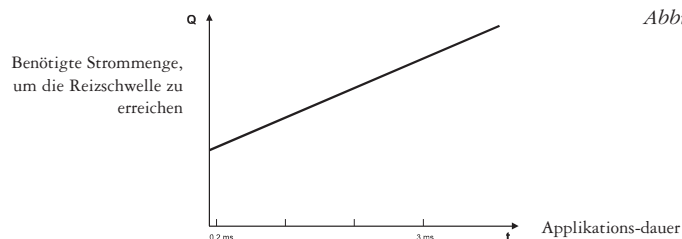


Abbildung 2

Lineares Verhältnis zwischen der Dauer der Stromeinwirkung und der zum Erlangen der Reizschwelle notwendigen Strommenge:
 $Q = q + it$

Weiss entdeckte also das mathematische Verhältnis zwischen Dauer der Stromeinwirkung und Strommenge, die zur Auslösung der Stimulation nötig ist. Ganz zu Recht nannte er dieses Verhältnis: "formule fondamentale" (Grundformel).

Da die Menge der elektrischen Ladung, die durch einen Stimulationsstrom geliefert wird, entscheidend ist, studierte Weiss, wie sich diese zum Erreichen der Reizschwelle (bzw. für die Auslösung einer Stimulation) notwendige Strommenge im Verhältnis zur Applikationsdauer verändert. Er führte eine Reihe von Messungen durch, um das Verhältnis der Strommenge zur Applikationsdauer innerhalb einer Zeitskala zwischen 0,23 ms und 3,0 ms, während derer der Strom jeweils floss, zu bestimmen.

Es ist schon sehr bemerkenswert, wie es Weiss ohne Oszilloskop und ohne Elektronik fertig brachte, diese sehr kurzen Ströme mit extremer Präzision zu erzeugen, indem er mit Hilfe einer Gewehrkugel, deren Geschwindigkeit er kannte, einen Stromkreis durch in verschiedenen Abständen platzierte, leitende Papiere öffnete und schloss.

Durch diese Experimente entdeckte Weiss, dass zwischen der Strommenge, die benötigt wird, um die Reizschwelle zu erreichen, und der Dauer der Stromapplikation ein lineares Verhältnis besteht (Abb. 2).

$$Q = q + it$$

oder Q = die zum Erlangen der Schwelle notwendige Strommenge. Entspricht auch der durch den Stimulationsstrom gelieferten Menge elektrischer Ladung. Der Wert von Q entspricht zudem dem Produkt der Stromstärke des Stimulationsstroms mal Applikationsdauer ($I \cdot t$).

t = Applikationsdauer, entsprechend der Dauer der Stromeinwirkung

i = Ein experimentell bestimmter Koeffizient mit der Einheit der Stromstärke (I).

q = Ein experimentell bestimmter Koeffizient mit der Einheit einer elektrischen Ladung (Q). q entspricht dem Koordinatenwert des Schnittpunktes der Geraden mit der Ordinatenachse und kann rechnerisch als Wert von Q ermittelt werden wenn $t=0$ ist.

Der Elektrophysiologe Lapique, der berühmter war als Weiss, entdeckte zwar kein neues Gesetz der Elektrostimulation, aber er führte zahlreiche Experimente durch, die die Grundformel von Weiss bestätigten. Er gab diesem Gesetz eine andere mathematische Form, um weitere

Koeffizienten - Rheobase und Chronaxie - bestimmen zu können, denen er eine physiologische Bedeutung zuwies.

Lapique variierte die Grundformel wie folgt:

$$Q = q + it$$

$$\text{und } Q = It$$

wobei gilt:

I : Stärke des Stimulationsstromes

t : Dauer der Stromeinwirkung

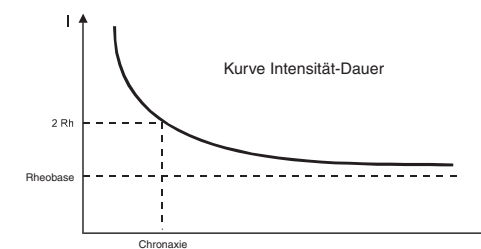
$$\text{also: } It = q + it$$

Durch Division der beiden Seiten durch t erhielt Lapique:

$$I = \frac{q}{t} + i$$

was dem Verhältnis zwischen der Stromstärke und der Applikationsdauer bis zur Stimulation entspricht (Abb. 3).

Abbildung 3



Hyperbolisches Verhältnis zwischen der Stromstärke und der Applikationsdauer, entsprechend den Erkenntnissen von Lapique, gegeben durch die Formel:

$$I = \frac{q}{t} + i \text{ abgeleitet nach der Grundformel von Weiss.}$$

Aus der Weiterentwicklung der Formel von Lapicque folgt: Auch wenn die Applikationsdauer des Stromes unendlich ist ($t=\infty$), ist zur erfolgreichen Stimulation eine minimale Stromstärke erforderlich, die man Rheobase [Rh] nennt.

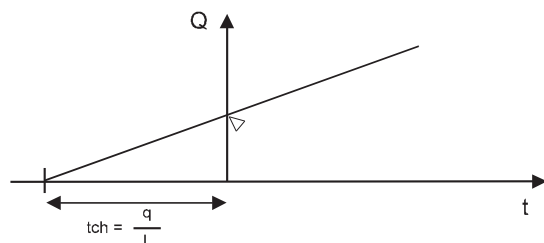
$$\text{Wenn } t = \infty \text{ ergibt dies } \frac{q}{t} = 0$$

dann ist I die Rheobase (Rh)
und $Rh = i$

Die Rheobase, diese minimale Stromstärke, die selbst bei sehr langer Stromapplikation zur erfolgreichen Stimulation erreicht werden muss, entspricht in der Tat dem Koeffizienten i , mit der Einheit der Stromstärke in der Formel nach Weiss.

Wir erkennen, dass sich die Chronaxie aus der Grundformel nach Weiss mathematisch berechnen lässt, wie aus Abb. 4 ersichtlich ist.

Abbildung 4



Die Chronaxie entspricht der Zeit wenn $Q = 0$

$$\text{Es gilt } Q = q + it \text{ wenn } Q = 0 \text{ daher ist } q + it = 0 \text{ und somit ist } it = -q \text{ und } t = -\frac{q}{i}.$$

Lapicque gab der zum Erlangen der Stimulation entsprechenden, minimalen Applikationszeit bei doppelter Stromstärke den Namen Chronaxie. Er erkannte, dass die Chronaxie eine Zeitkonstante darstellt, die die Reizfähigkeit eines Gewebes definiert und die dem Verhältnis q/i entspricht.

Somit ergibt sich:
da $Rh = i$ wenn $I = 2 Rh$
folgt $I = 2i$
und wenn t der Chronaxie entspricht (tch)
und $I = 2 Rh$

$$\text{ergibt sich aus der Formel } I = \frac{q}{t} + i$$

$$2i = \frac{q}{tch} + i$$

$$\text{und somit } i = \frac{q}{tch} \Rightarrow tch = \frac{q}{i}$$

B: Zusammenfassung

Die elektrische Stimulation, d.h. die Verminderung des Ruhepotenzials bis zur Reizschwelle mit Hilfe von elektrischem Strom, ist ein Phänomen, das einem physiologischen Gesetz folgt. Daraus schließen wir:

1 Die durch den Strom gelieferte Menge elektrischer Ladung ist für die Stimulation entscheidend.

In Bezug auf die Stimulation muss demnach mit der Strommenge gerechnet werden, die sich aus dem Produkt ($I \cdot t$) der Stromstärke (I) multipliziert mit der Applikationsdauer (t) ergibt.

2 Diese Strommenge folgt einer Grundregel:

$$Q = q + it$$

oder Q ist eine lineare Funktion der Zeit.

Lapicque drückt diese Formel auf eine andere Art aus, nämlich in Form des Verhältnisses zwischen Stärke und Impulsdauer:

$$I = \frac{q}{t} + i$$

und leitet daraus ab:

a) die Rheobase (Rh): Mindeststromstärke, die bei unendlicher Applikationszeit zur Stimulation benötigt wird:

$$Rh = i$$

b) die Chronaxie (tch): Mindestapplikationszeit, die bei Stromstärke mit doppelter Rheobase zur Stimulation benötigt wird:

$$tch = \frac{q}{i}$$

Literatur

- *Physiologie Tome II: Le Système nerveux et Muscle.*
Charles Kayser, Éd. Flammarion
- **Lapicque, L:** *Définition expérimentale de l'excitabilité.*
Soc. Biologie 77(1909), 280-283
- **Lapicque, L:** *La Chronaxie et ses applications physiologiques.*
Hermann & Cie., Paris, 1938
- **Weiss, G:** *Sur la possibilité de rendre comparable entre eux les appareils servant à l'excitation électrique.*
Arch. itali. Biol. 35(1901), 413-446
- **Irnich, W:** *The chronaxie time and its practical importance.*
Pace 3(1980), 292-301
- *Cours de Physiologie Humaine Tome I.*
Prof. Colin F., Université Libre de Bruxelles
- *Traité de Physiologie Médicale.*
Arthur C. Guyton éd.: Doin
- *Physiologie Humaine.*
Philippe Meyer 2^e édition Flammarion Médecine Science

DER OPTIMALE STORM

A: Einleitung

Dieser Artikel befasst sich mit den Eigenschaften des bei der Elektrostimulation optimalen Stroms. Er setzt die Kenntnisse über die Ausführungen im vorangegangenen Artikel über „Das Grundprinzip“ voraus.

Der optimale Strom kann definiert werden als jener, der im Rahmen der Weiss'schen Gesetze das Ruhepotenzial bis zur Stimulationsschwelle reduziert und gleichzeitig dem Patienten einen maximal möglichen Komfort bietet. Dieser Anforderung kann nachgekommen werden, wenn die elektrischen Parameter des Stimationsstroms auf möglichst kleine Werte, d. h. auf eine möglichst kleine Stromstärke (I), auf eine möglichst kurze Applikationsdauer (t) und auf eine möglichst kleine Strommenge reduziert werden. Wir wollen nun gemäss diesen Anforderungen die Eigenschaften eines solchen Stromes bestimmen.

B: Die Eigenschaften des optimalen Stroms

1 Der Stromgenerator und seine elektrische Stimulationsswelle

Auf jeden Fall müssen Stromimpulse zur Anwendung kommen, die mit einem entsprechenden Generator produziert wurden, und zwar aus folgenden Gründen:

- Die erste von Weiss gezeigte Tatsache ist die Bedeutung der vom Stimationsstrom gelieferten Menge elektrischer Ladung. Die Menge der elektrischen Ladung kann nur über einen Stromgenerator kontrolliert werden.
- Wegen der Variabilität des elektrischen Hautwiderstandes können stabile und reproduzierbare Verhältnisse nur mit einem entsprechenden Stromgenerator erreicht werden.
- Will man mit einer bestimmten Form von Stromimpulsen arbeiten, so gelingt dies nur mit einem Generator, der die Form der Impulse auf ihrem Weg durch die Haut und das Gewebe konstant zu halten vermag.

2 Der Verlauf der elektrischen Stimationskurve

Nach dem Gesetz von Weiss gilt: $Q = it + q$

$$I t = it + q$$

$$(I - i) t = q$$

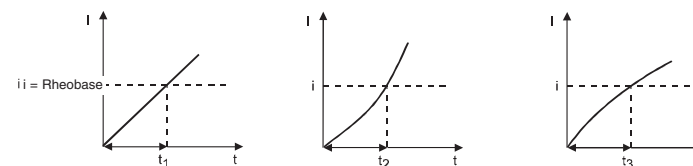
wobei $i = \text{Rheobase}$

i ist ein dem Stimationsstrom I entgegenwirkender Strom.

Solange der Stimationsstrom I kleiner als i (die Rheobase) ist, ist er von keinem Nutzen, da er das Ruhepotenzial der erregbaren Zellmembran nicht im gewünschten Maß beeinflussen kann (Abb. 1).

Abbildung 1

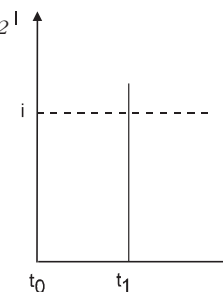
Analyse verschiedener Kurvenverläufe des Stimationsstroms



t_1 , t_2 und t_3 sind wirkungslose Applikationszeiten, da innerhalb dieser Abschnitten gilt $I < i$.

Nur ein vertikaler Beginn der elektrischen Stimationskurve führt zu einer sofortigen Wirkung (Abb. 2). In diesem Fall gibt es keine Verzögerung und die Applikationsdauer ist entsprechend kürzer.

Abbildung 2



Falls der Stimationsstrom vertikal einsetzt und größer als die Rheobase ist, bewirkt er eine sofortige Vergrößerung der elektrischen Ladung, die für die Änderung des Ruhepotenzials genügt.

3 Die Form der elektrischen Stimationskurve

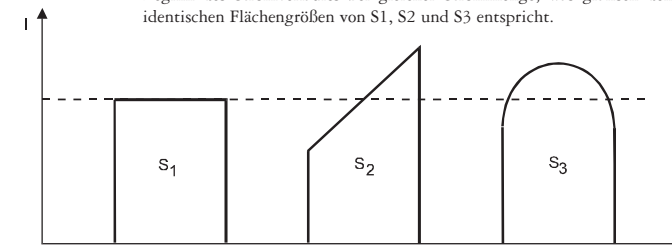
Es fragt sich nun, wie ein vertikal einsetzender Stimationsstrom, der größer ist als die Rheobase, verlaufen soll, um ein Maximum an Komfort für den Patienten zu bieten.

Er muss mit einem Minimum an Intensität während einer Zeit t die Strommenge $Q = it + q$ liefern, die zur Auslösung eines Aktionspotenzials ausreicht.

Da $Q = I \cdot t$ ist, erscheint es offensichtlich, dass eine rechteckige Form der Stromkurve am ehesten die Strommenge Q mit einer minimalen Intensität I liefert (Abb. 3).

Abbildung 3

Vergleich verschiedener Stromimpulse von gleicher Dauer mit vertikaalem Beginn des Stromverlaufes bei gleicher Strommenge, was grafisch den identischen Flächengrößen von S_1 , S_2 und S_3 entspricht.



Mit nicht rechteckigen Impulsen muss zur Zuführung derselben elektrischen Ladung mit höheren Intensitäten gearbeitet werden, die für den Patienten unangenehmer sind.

4 Die Dauer des rechteckigen Stromimpulses

Es sei vorerst festgehalten, dass wir uns in Bezug auf die Impulsdauer innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens bewegen müssen. Das Gesetz von Weiss gilt nur für eine Impulsdauer in der Nähe der Erregungskonstanten. Für Motoneurone heißt das innerhalb von 100 bis 3.000 Mikrosekunden

$$k = \frac{\text{Chronaxie}}{\ln 2} = \frac{\text{Chronaxie}}{0,693}$$

Ein weiterer elektrischer Faktor, den man aus Komfortgründen für den Patienten möglichst niedrig halten möchte, ist die elektrische Energie W . Wir wissen, dass sich die elektrische Energie mit der Formel $W = I^2 \cdot t \cdot R$ berechnen lässt.

wobei gilt: I : entspricht der Stromintensität
 t : entspricht der Applikationsdauer
 R : entspricht dem Hautwiderstand

Nach der Formel von Weiss bzw. Lapicque gilt

$$I = \frac{q}{t} + i$$

und wir können I durch den entsprechenden Wert aus der Energiegleichung ersetzen.

$$\text{Wir erhalten: } W = \left(\frac{q}{t} + i \right)^2 \cdot t \cdot R.$$

$$\text{Somit gilt auch: } W = \left(\frac{q^2}{t^2} + 2i \frac{q}{t} + i^2 \right) t \cdot R.$$

$$= \left(\frac{q^2}{t} + 2q i + i^2 t \right) R.$$

bei $t \Rightarrow 0$, ergibt sich $W \Rightarrow \infty$

bei $t \Rightarrow \infty$, ergibt sich $W \Rightarrow \infty$

Dies ergibt folgende Kurve in Abb. 4:

Abbildung 4

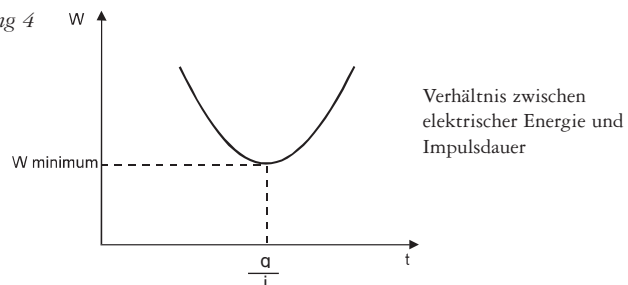
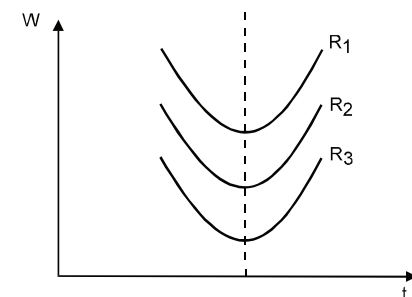


Abbildung 5



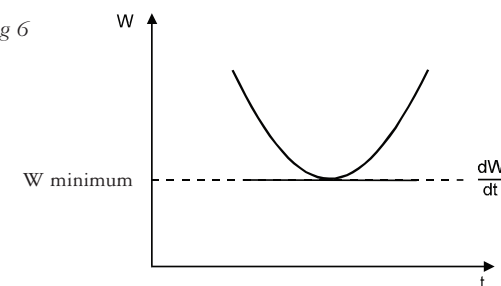
Verschiedene Varianten je nach Hautwiderstand:

$$W = \left(\frac{q^2}{t} + 2q i + i^2 t \right) R_n$$

und $R_1 > R_2 > R_3$

Die elektrische Energie, die Haut und Gewebe durchfließt, ist bei einer bestimmten Dauer des Stimulationsimpulses minimal, nämlich bei jener Dauer, die der ersten Ableitung der Energiekurve am minimalen Energiepunkt entspricht (Abb. 6).

Abbildung 6



$$\text{Die Ableitung von } W = \left(\frac{q^2}{t} + 2q i + i^2 t \right) R \text{ ist } \frac{dw}{dt} = (-q^2 t^{-2} + i^2) R$$

Da die erste Ableitung der Steigung der Tangente entspricht und diese am Punkt der minimalen Energie parallel zur Abszisse verläuft, gilt:

$$\text{für } W \text{ minimum: } \frac{dw}{dt} = (-q^2 t^{-2} + i^2) R = 0$$

$$\text{somit } q^2 t^{-2} R = i^2 R \quad - \quad t^2 = \frac{q^2}{i^2} \quad - \quad t = \frac{q}{i}$$

Wie wir weiter oben gesehen haben, spielt R bei der Bestimmung der Impulsdauer für minimale Energie keine Rolle. R kann deshalb weggelassen werden.

Die elektrische Energie, die durch die Haut und die Gewebe fließt, ist somit minimal, wenn die

Dauer des Rechteckimpulses $\frac{q}{i}$ entspricht. Dieser Wert entspricht damit auch der Chronaxie, wie wir dies bereits im Artikel über das Grundprinzip der Elektrostimulation gesehen haben.

Das ist übrigens auch der Grund warum die Elektrophysiologen des Beginns des letzten Jahrhunderts die Chronaxie als charakteristischen Wert für die Erregbarkeit eines Gewebes unabhängig vom Hautwiderstand gewählt haben – und nicht etwa aus Zufall oder weil es sich um einen günstigen Zeitwert bei der doppelten Stärke der Rheobase handelte.

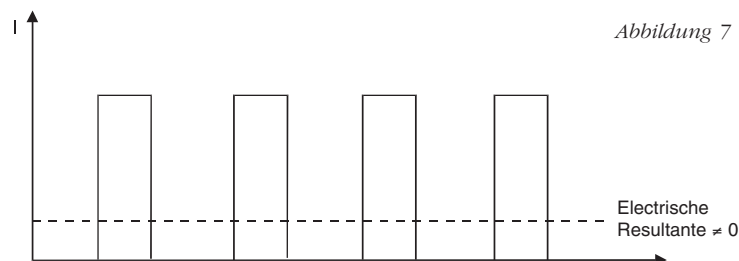
Deshalb muss die Dauer des Rechteckstroms, um die elektrische Energie auf ein Minimum zu reduzieren, der Chronaxie des zu stimulierenden Nervengewebes entsprechen.

5 Die Kompensation des Rechteckimpulses

Jedes Mal wenn ein Aktionspotenzial erzeugt werden soll, lässt man einen Rechteckstrom fließen, dessen Impulsdauer der Chronaxie der zu stimulierenden, Nervenstruktur entspricht. Die Wiederholung des Erregungsphänomens wird durch Wiederholung des elektrischen Rechteckimpulses erreicht.

Sowohl in der analgetischen als auch in der muskelerregenden Elektrotherapie entspricht die Stimulation einer bestimmten Anzahl von wiederholten Erregungen, die durch eine entsprechende Folge von Stromimpulsen erzeugt werden.

Die Wiederholung von nicht kompensierten Impulsen wird aber eine elektrische Polarisation zur Folge haben, da die elektrische Resultante nicht null entspricht [Abb. 7].

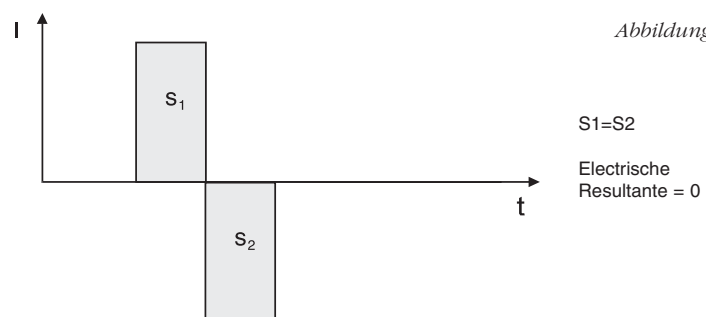


Folge von nicht kompensierten Stromimpulsen.

Die elektrische Resultante ist nicht null, was eine Polarisation zur Folge hat.

Dieser polarisierte Strom entspricht in seinem Mittelwert einem kontinuierlichen Strom mit einer bestimmten Stromstärke. Wenn ein solcher polarisierter Strom auf die Haut appliziert wird, werden die gleichen Folgen zu erwarten sein wie bei einem galvanischen Strom – auf jeden Fall besteht ein Verbrennungsrisiko für die Haut und eventuell auch ein Ionisationsrisiko bei Osteosynthesematerial aus Metall.

Um das Problem der Polarisation zu lösen, muss die positive Stromkurve mit einer negativen Kurve mit gleicher elektrischer Ladung kompensiert werden. In der graphischen Darstellung müssen demnach die positive und die negative Fläche identisch sein (Abb. 8). Auf diese Weise ist die elektrische Resultante null, der Strom wird als vollständig kompensiert bezeichnet, und die der Polarisation eigenen Risiken entfallen.



Rechteckiger, kompensierter Stromimpuls, die elektrische Resultante ist somit null.

C: Zusammenfassung

Ein Stromimpuls, der eine Muskeleerregung (bzw. ein Aktionspotenzial) hervorrufen kann und gleichzeitig dem Patienten ein Maximum an Komfort bietet, kann als optimaler Strom bezeichnet werden. Dieser Impuls muss folgende Kriterien erfüllen:

- 1 Konstant generierter, pulsierender Strom
- 2 Vertikal einsetzender Strom, um eine sofortige Wirkung bei minimaler Applikationsdauer zu erzielen
- 3 Rechteckiger Strom, um Stromspitzen zu vermeiden und mit geringstmöglicher Intensität zu arbeiten
- 4 Strom mit einer Impulsdauer, die exakt der Chronaxie der zu stimulierenden, nervösen Struktur entspricht, um dadurch die elektrische Energie auf ein Minimum zu reduzieren
- 5 Strom mit kompensierten Impulsen und dadurch mit einer elektrischen Resultanten von null, um die unerwünschten Wirkungen der Polarisation zu vermeiden.

GRUNDBEGRIFFE DER REIZSTROMPHYSIOLOGIE

A: Einführung

Der Durchgang von elektrischem Strom durch lebendes Gewebe bewirkt eine Änderung des Ruhepotenzials [V₀].

Das auf diese Weise veränderte Ruhepotenzial nennt man lokales Potenzial [V].

Wenn ein lokales Potenzial genügend groß und richtig gerichtet ist, wird ein Zustand der Instabilität erreicht. Es kommt dabei zu einem Reizphänomen, das Aktionspotenzial heißt. Die Größe, die ein lokales Potenzial [V] zur Auslösung eines Aktionspotenzials erreichen muss, heißt Reizschwelle [S₀].

Ein lokales Potenzial V, das durch die elektrische Ladung eines Stroms beim Durchfließen von elektrisch reizbarem Gewebe (z.B. einem Neuron) induziert wird, kehrt auf seinen Anfangswert [V₀] zurück, sobald der Strom abgestellt wird. Die Rückkehr zum Ruhezustand findet nicht sofort statt, sondern langsam wie bei der Entladung eines Kondensators. Das mathematische Gesetz der Rückkehr von [V] zum Ursprungswert lautet wie folgt:

$$-\frac{dV}{dt} = \frac{V - V_0}{\lambda} \quad (1)$$

λ ist ein Zeitwert und die Konstante der Reizdauer. Diese Konstante charakterisiert eine bestimmte Geschwindigkeit, mit der ein lokales Potenzial auf seinen Ursprungswert zurückkehrt, sobald das Neuron nicht mehr unter Strom steht.

Das lokale Potenzial [V] steigt während des Durchflusses eines Stromes nicht sofort, sondern entsprechend dem Ladevorgang eines Kondensators exponentiell an, mit λ als Zeitkonstante. Diese Konstante definiert demnach die Neigung eines Neurons, wie ein Kondensator einer durch die elektrische Ladung eines Stimulationsstromes induzierten Änderung des Potenzials zu widerstehen.

λ hängt in keiner Weise von der Form oder anderen Eigenschaften eines Stimulationsstromes ab. Es handelt sich um einen unabhängigen, konstanten Zeitfaktor der Eigenschaft eines Neurons, sein momentanes Membranpotenzial zum Ruhepotenzial zurückzuführen.

Der zur Reizauslösung kritische Wert des lokalen Potenzials [V] d.h. die Reizschwelle [S₀] ist nur dann ein konstanter Wert, wenn die Durchflusszeit des Stromes extrem kurz ist. Wenn die Durchflusszeit länger ist, steigt die Schwelle [S] an. Wegen dieses Phänomens muss bekanntlich ein langsam ansteigender Strom zur Reizauslösung einen höheren Wert erreichen, als ein schnell ansteigender Strom. Dieser Anstieg der Reizschwelle ist bekannt als Akkommodation. Die Akkommodation ist das Ansteigen der Schwelle [S], verursacht durch eine Veränderung des lokalen Potenzials, die sich durch die elektrische Ladung eines das Neuron durchfließenden Stromes ergibt. Das Ansteigen dieser Schwelle geschieht nicht sofort. Es erfolgt zunehmende mit einer bestimmten Geschwindigkeit. Es wirkt demnach bei der elektrischen Reizung ein zweiter Zeitfaktor (λ) mit, der das Ausmaß der Veränderung der Schwelle [S] bestimmt.

Wenn ein lokales Potenzial [V] zum Ruhepotenzial [V₀] zurückgeführt wird, dann kehrt [S] exponentiell auf seinen Ursprungswert [S₀] zurück, mit λ als Zeitkonstante gemäss folgendem mathematischen Gesetz:

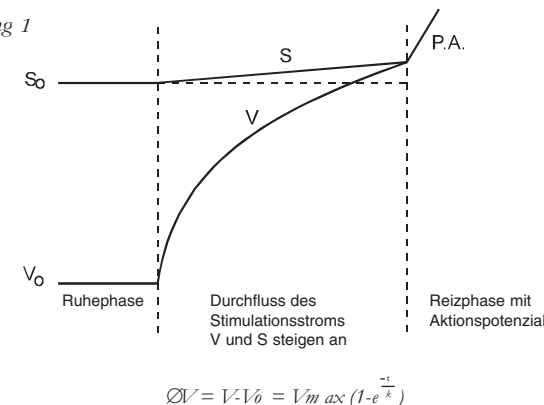
$$\frac{dS}{dt} = \frac{(S - S_0)}{\lambda} \quad (2)$$

This equation is to S as equation (1) is to V, with λ replacing λ .

Diese Gleichung hat für [S] dieselbe Bedeutung wie die Gleichung (1) für V, mit λ anstelle von λ . Die elektrische Ladung eines Stroms verändert beim Durchfließen eines Neurons das Membranpotenzial. Sie erzeugt ein lokales Potenzial [V] und dieses

führt zum Ansteigen der Schwelle [S]. Die Erregung findet statt, wenn durch eine genügend große elektrische Ladung das lokale Potenzial den Schwellwert erreicht, d.h. wenn [V] gleich [S] wird. [Abb.1]

Abbildung 1



Der Vorgang der elektrischen Reizung wird somit von zwei Konstanten bestimmt:

λ die Reizkonstante
 λ die Akkommodationskonstante

Sie sind von einander unabhängig. Man kann in der Tat experimentell λ unabhängig von λ verändern, indem man die Calciumionen-Konzentration verändert. Diese beiden Konstanten haben sehr unterschiedliche Werte, λ ist aber immer viel größer (100 - 200 mal) als λ . Im Fall

menschlicher Motoneurone beträgt der durchschnittliche Wert ca. 300 μ s für λ und 50 ms für λ .

λ muss unbedingt kleiner sein als λ , sonst könnte der Vorgang der elektrischen Reizung nicht stattfinden. So kann das lokale Potenzial [V] schneller ansteigen als die Schwelle [S] und sie somit einholen. Wenn λ größer wäre als λ , würde die Schwelle schneller ansteigen als das lokale Potenzial und könnte somit nie eingeholt werden.

B: Untersuchung des Erregungsvorgangs durch einen konstanten Strom

Zur Vereinfachung beschränken wir uns hier darauf, den durch einen konstanten Strom ausgelösten Vorgang der Erregung zu untersuchen. Die gleiche Untersuchung könnte auch mit exponentiellen, sinusförmigen, linearen, progressiven Strömen oder Strömen beliebiger anderer Form bei gleichbleibenden Ergebnissen durchgeführt werden.

Nehmen wir für unser Beispiel einfache Zahlen:

$$\lambda = 1 \text{ ms}$$

$$\lambda = 50 \text{ ms}$$

Das Problem des Vorgangs der Erregung beschränkt sich auf die Frage, ob S von V erreicht wird, oder ob S Zeit genug hat, sich V zu entziehen.

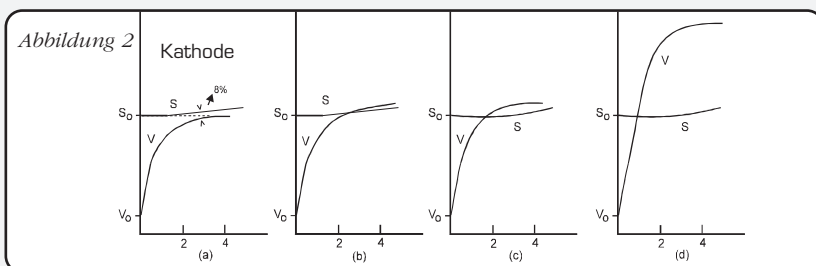
Das lokale Potenzial V beginnt bei V_0 und steigt exponentiell nach dem Verhältnis auf einen Endwert an, der von der Stromstärke abhängig ist.

$$V = V_0 + V_{\max} (1 - e^{-\frac{t}{\lambda}})$$

Die Schwelle S geht vom Wert S_0 aus und steigt mit einer komplizierteren Kurve, von der nur ein Teil dargestellt werden kann, bis auf einen Wert an, der vom stabilen Endwert von V abhängig ist, falls zwischenzeitlich keine Erregung stattgefunden hat. In Abbildung 2a wird die Stromstärke auf einen Wert reguliert (den wir als 1 annehmen), der es bei Nichtvorhandensein einer Akkommodation

V ermöglicht, S_0 zu erreichen und die Erregung auszulösen. Tatsächlich erreicht V den Wert S_0 , aber in der Zwischenzeit hat sich die Schwelle erhöht, also $V = S_0 < S$, und es kann keine Erregung stattfinden. Um V zu ermöglichen, den Wert S zu erreichen, muss die Stromstärke 8 % größer sein.

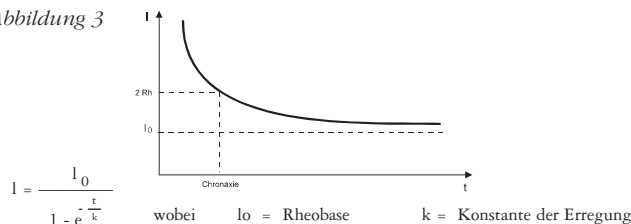
Dies wird in Abbildung 2b dargestellt, wo die Schwelle in 4 ms soeben erreicht wird (angezeigt durch den Pfeil). Dies ist die Hauptnutzzeit. Im Fall der Abbildung 2c wird ein stärkerer Strom mit dem Wert 1,2 verwendet und V überschreitet die Schwelle nach 1,85 ms. Bei der Abbildung 2d wird ein noch stärkerer Strom (Wert = 2) verwendet und $V = S$ tritt nach 0,7 ms ein.



Wir können nun das Verhältnis Intensität-Dauer erkennen, aus dem sich der Zeitpunkt ergibt, an dem V bei verschiedenen Stromstärken den

Schwellenwert S überschreitet. Die Nutzzeiten sind umso kürzer, je stärker der Strom ist [Abb. 3].

Abbildung 3



Dieses Verhältnis gilt für Ströme von sehr kurzer Dauer verglichen mit der Akkommodationskonstante, so dass die Akkommodation vernachlässigt werden kann und die Erregung stattfindet, wenn $V = S_0$. Aus diesem Grund tritt beim Verhältnis Intensität - Dauer nur die Konstante der Erregung k auf. Die Werte für die Dauer der verwendeten Ströme liegen nahe bei k (von 0,2 ms bis 3 ms).

Bei einer längeren Dauer der angewandten Ströme würde sich die Schwelle erhöhen und eine Erregung würde nur dann erfolgen, wenn $V = S$ wird. In diesem Fall ist das Verhältnis Intensität -

Dauer neu zu betrachten, denn die Rheobase behält nicht den Wert I_0 bei, sie steigt auf einen Wert $I_1 > I_0$, der durch die Konstanten der Erregung und der Akkommodation bestimmt wird. Die tatsächliche Rheobase I_0 steht mit der beobachteten Rheobase I_1 in folgender Relation:

$$\frac{I_1}{I_0} = \left(\frac{\lambda}{k} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

C: Erregung durch einen Strom beliebiger Form

Es ist möglich, die Gleichung des lokalen Potentials V zu erstellen und dessen Wert zu jedem Moment bei beliebiger Form des Stroms abzuleiten. Eine Gleichung kann auch für die Entwicklung der Schwelle erstellt werden. Diese Gleichungen erfordern solide mathematische Kenntnisse und fallen in den Bereich der Spezialisten für Elektrophysiologie. Aus

diesem Grund halten wir es nicht für sinnvoll, im Rahmen dieses Werkes darauf näher einzugehen. Halten wir jedoch fest, dass es mit Hilfe dieser Gleichungen, die die Veränderung von V und S angeben, möglich ist, den Vorgang der Erregung durch jede beliebige Form eines Stroms von beliebiger Dauer zu untersuchen.

D: Verhältnis Chronaxie - Erregungskonstante

Da die Chronaxie ein charakteristischer Wert für die Erregbarkeit eines Gewebes ist, ist es von Interesse, das Verhältnis zwischen ihr und dem anderen charakteristischen Faktor der Erregung, nämlich k , zu bestimmen.

Die Chronaxie ist die Nutzzeit eines Reizstroms, dessen Intensität doppelt so groß ist wie die Rheobase, d.h. $2 I_0$. Es ist daher sehr einfach, ausgehend von der Formel, die das Verhältnis Intensität - Dauer angibt, das Verhältnis zwischen Chronaxie und Konstante der Erregung zu bestimmen:

$$I = \frac{I_0}{1 - e^{-\frac{t}{k}}}$$

t ist die Chronaxie (t_{ch}), wenn:

$$I = 2I_0$$

daraus ergibt sich:

$$2I_0 = \frac{I_0}{1 - e^{-\frac{t_{ch}}{k}}}$$

$$2I_0 (1 - e^{-\frac{t_{ch}}{k}}) = I_0$$

$$2 (1 - e^{-\frac{t_{ch}}{k}}) = 1$$

$$2 - 2e^{-\frac{t_{ch}}{k}} = 1$$

$$2e^{-\frac{t_{ch}}{k}} = 1$$

$$e^{-\frac{t_{ch}}{k}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{e^{\frac{t_{ch}}{k}}} = \frac{1}{2}$$

$$e^{\frac{t_{ch}}{k}} = 2$$

$$\ln 2 = \frac{t_{ch}}{k}$$

$$\text{also } t_{ch} = (\ln 2)k$$

$$\text{d.h.: Chronaxie} = 0.693 k$$

E: Hydraulisches Modell des Phänomens der Erregung

Es ist möglich, ein hydraulisches Modell zu erstellen, das exakt dem Phänomen der Erregung entspricht. Dieses Modell ermöglicht ein besseres Verständnis der Erregung und kann verwendet werden, um sich die Entwicklung des lokalen Potenzials und der Schwelle unter Einwirkung von Strömen variabler Dauer und Form vor Augen zu führen (Abb. 4).

Von einem Behälter A wird mit Hilfe einer Pumpe P, dem Stimulator (Stromerzeuger), Wasser in den Behälter B befördert. Der Wasserzufluss entspricht der Intensität des Reizstroms und die von A nach B beförderte Wassermenge der Menge der elektrischen Ladung. Der Pegelstand im Behälter B erreicht eine bestimmte Höhe, die den Wert des Membranpotenzials darstellt (V_0 im Ruhezustand und V lokales Potenzial). Die Reizschwelle wird durch den Punkt D am Schwimmer C dargestellt (V_0 im Ruhezustand und V lokales Potenzial). Die Reizschwelle wird durch den Punkt D am Schwimmer C dargestellt. Zur Reizung kommt es, wenn der Pegelstand V im Behälter B beim Eintauchen des Schwimmers den Punkt D erreicht.

Während die Pumpe P Flüssigkeit von A nach B fördert und dadurch den Pegelstand V ansteigen lässt, fließt ein Teil der Flüssigkeit zurück nach A über ein Ventil K, das die Erregungskonstante k darstellt. Im Behälter B ist der Schwimmer C mit einem Kolben E verbunden, der durch den im Behälter F befindlichen Flüssigkeitspegel betätigt wird. Dieser Behälter F ist mit B durch ein Ventil L verbunden, das die Akkommodationskonstante λ darstellt.

ZWEI BEISPIELE

A - Ströme von langer Dauer und geringer Intensität

Damit der Pegelstand V die Schwelle D erreicht, ist eine bestimmte Wassermenge (d.h. eine bestimmte Menge elektrischer Ladung) erforderlich. Wenn diese Menge langsam von der Pumpe zugeführt wird (Strom von langer Dauer und geringer Intensität) hat ein Teil Wasser die Zeit, um L zu passieren und den Kolben E anzuheben, wodurch die Schwelle erhöht wird (Akkommodation). Daher muss die Wassermenge (also der Strom), die zugeführt werden muss, größer sein, denn der Pegelstand V muss einen höheren Punkt D erreichen. Zum anderen fließt ein nicht unerheblicher Teil des Wassers durch das Ventil K von B nach A zurück. Es lässt sich gut nachvollziehen, dass alle zusätzlichen Mengen, die von P gefördert werden müssen, Zeichen für einen ungünstigen Reizmodus sind.

B - Ströme von kurzer Dauer und stärkerer Intensität

Die hier betrachteten Werte der Dauer bewegen sich um den Wert der Konstanten der Erregung k . Da in diesen Fällen der Zufluss groß ist, ist die Aktion der Pumpe von kurzer Dauer. Eine sehr geringe Wassermenge passiert L, der Schwimmer steigt praktisch überhaupt nicht und die Akkommodation kann somit vernachlässigt werden. Jedoch fließt eine bestimmte Wassermenge durch K zurück, die von P ausgeglichen werden muss. Für diese Arten von Strömen findet das Weiss'sche Gesetz Anwendung (siehe „Grundprinzip der Elektrostimulation“)

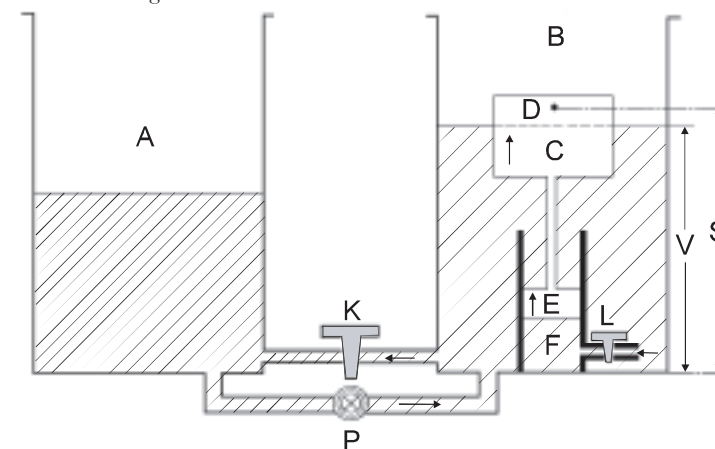
$$Q = q + it \quad \text{oder} \quad It = q + it$$

Q bezeichnet die Gesamtmenge der von P geförderten Flüssigkeit
mit I = Intensität des Reizstroms
und t = Dauer des Impulses

q bezeichnet das Flüssigkeitsvolumen, das V_0 von S_0 trennt, d.h. die Ladungsmenge, die zugeführt werden müsste, wenn es nicht zu einem Abfluss K käme; anders ausgedrückt, wenn sich das Membranpotenzial plötzlich verändern würde und nicht exponentiell mit einer Zeitkonstante k .

it bezeichnet die Flüssigkeitsmenge, die von B über das Ventil K nach A zurückfließt.

Abbildung 4



Programme zur Neurostimulation



KLASSISCHE PROGRAMME

REHABILITATION

Prävention der Muskelatrophie

Seite 31

Behandlung der Muskelatrophie

Seite 33

Muskelkräftigung

Seite 35

Hüftprothesen

Seite 37

Patellasyndrom

Seite 37

Rotatorenmanschette

Seite 38

VKB

Seite 38

Muskelverletzung

Seite 39

Motorischer Reizpunkt

Seite 40

ANALGETISCH

Akuter Schmerz

Seite 40

Tens (Gate Control)

Seite 41

Endorphin

Seite 42

Zervikalgie

Seite 43

Dorsalgie

Seite 44

Lumbalgie

Seite 44

Ischialgie

Seite 44

Fitness-Basisprogramme werden im Kapitel „Spezifische Anwendungen“, in der erweiterten elektronischen Version dieses Handbuchs (siehe Bedienungsanleitung auf CD) behandelt.

Torticollis

Seite 44

Lumbago

Seite 44

Epikondylitis

Seite 44

Arthralgie

Seite 45

VASKULÄR

Schwere Beine

Seite 45

Veneninsuffizienz

Seite 47

Arterieninsuffizienz

Seite 49

Krampfvorbeugung

Seite 51

Kapillarisation

Seite 52

SPEZIFISCHE PROGRAMME

Agonist / Antagonist

Seite 53

Harninkontinenz

Seite 55

Programme für Hämophilie

Seite 58

Hemiplegie - Spastik

Seite 60

Figur

Seite 63

KLASSISCHE PROGRAMME

REHABILITATION

Prävention der Muskelatrophie

Während der Ruhigstellung einer Extremität bzw. eines Teils einer Extremität, beispielsweise bedingt durch einen chirurgischen Eingriff oder eine Fraktur, unterliegen die Muskeln der betroffenen Region sehr häufig einer frühzeitig auftretenden Muskelatrophie.

Dieser schnelle und erhebliche Verlust an Muskelvolumen ist grundsätzlich bedingt durch Phänomene der Reflexinhibition und durch den vollständigen Aktivitätsverlust der Muskulatur. Dieses Phänomen der Muskelatrophie betrifft vorwiegend den Muskelfasertyp I.

Um die Muskelatrophie zu verhindern, muss die Elektrostimulation den totalen Aktivitätsverlust der Muskulatur kompensieren, indem sie eine Serie von Kontraktionssequenzen reproduziert, die weitgehend mit der üblichen Arbeitsbelastung, die die Muskulatur aus dem normalen, täglichen Leben gewohnt ist, übereinstimmt. Die Hauptphasen der Behandlung erfolgen mit den Aktivitätsfrequenzen der langsamen Fasern, um ihre übermäßige Tendenz zur Atrophie zu kompensieren. Um die vollständige Inaktivität zu kompensieren und die normale Alltagsbelastung zu simulieren, ist eine lange Behandlungsdauer erforderlich.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

- Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, indifferente (negative) und eine kleine (positive) Elektrode werden in der Nähe des motorischen Reizpunkts auf dem zu stimulierenden Muskel angebracht.
- Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**, da mit dieser Stromform bei einer bestimmten Stromstärke ein maximales Muskelvolumen bzw. die größtmögliche Anzahl von Muskelfasern aktiviert werden kann.
- Wir wählen die Impulsbreite, die der **Chronaxie des motorischen Nervs** des zu stimulierenden Muskels entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Komfort zu bieten. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.
- Wir applizieren **verschiedene Belastungssequenzen, die der Alltagsbelastung des entsprechenden Muskels entsprechen**.
- Zwei Stufen stehen zur Verfügung, um die Behandlung an den Fortschritt des jeweiligen Patienten anzupassen.
- Die Verwendung einer maximalen Energie ist mit Rücksicht auf eine eventuelle Gipsimmobilisation oder wegen postoperativer Wundverhältnisse kaum möglich. Trotzdem hat der Therapeut darauf zu achten, dass ausreichend Energie appliziert wird, um eine maximal große Muskelmasse stimulieren zu können und somit zu verhindern, dass eine zu große Anzahl motorischer Einheiten ganz inaktiv bleibt.

7

Einer der Schlüsselfaktoren für die Wirksamkeit der meisten Elektrostimulationsprogramme ist das Arbeiten mit der maximal erträglichen Energie. Je höher die Stimulationsenergie ist, desto größer ist die Anzahl der Muskelfasern, die beansprucht werden, und desto größer werden folglich die erzielten Fortschritte sein. In zahlreichen klinischen Situationen sind die Bereiche in der Nähe der zu stimulierenden Muskelgruppen von einem Schmerzsyndrom variabler Intensität betroffen. Dieser Schmerz kann den Patienten daran hindern, mit der erforderlichen hohen Stimulationsenergie zu arbeiten.

Der Complex 3 ermöglicht die Kombination dieses Programms mit einem **TENS**-Programm. Diese Kombination ist fakultativ und muss zunächst vom Benutzer aktiviert werden.

- Kanäle 1 und 2: Vom Programm **Prävention der Muskelatrophie** vorgeschriebene Muskellarbeit
- Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

Wenn diese Kombination aktiviert wurde, erscheint der Vermerk **TENS** auf dem Bildschirm gegenüber dem Kanal oder den Kanälen, auf denen diese Behandlung aktiv ist.

Die praktischen Anwendungsregeln sind die üblichen Regeln der Programme zur Elektrostimulation der Muskeln (Muskellarbeit) und der Schmerzbehandlung vom Typ **TENS**. Sie müssen jedoch mit

Vorsicht an die Verteilung der Stimulationsströme angepasst werden.

- Kanäle 1 und 2: Vom Programm **Prävention der Muskelatrophie** vorgeschriebene Muskellarbeit
 - Elektrodenplatzierung wie bei dem zu stimulierenden Muskel angegeben
 - Maximale erträgliche Stimulationsenergie

- Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**
 - Zwei oder vier auf der schmerzhaften Region angelegte große Elektroden
 - Ausreichend Stimulationsenergie, um ein deutliches Kribbelgefühl zu erzielen

Wenn die Kombination **TENS** gewählt wurde, sind die **Mi**-Funktionen - mit Ausnahme von **Mi-SCAN** - nicht mehr zugänglich. Damit die Funktion **Mi-SCAN** aktiv ist, muss man darauf achten, dass auf Kanal 1 oder 2 (oder Kanal 1, 2 oder 3) mit dem **Mi-SENSOR**-System ausgestattete Kabel angebracht werden.

8

Die Gesamtdauer der Behandlungsgänge beträgt 53 Minuten. Dabei werden drei verschiedene Frequenzen durchlaufen:

- eine erste Aufwärmsequenz von 2 Minuten bei einer Frequenz von 6 Hz
- eine Arbeitssequenz von 48 Minuten mit tetanischen Kontraktionen bei 30 Hz abwechselnd mit aktiven Erholungsphasen (4 Hz).
- Abschließend: 3 min. Erholung bei einer Frequenz von 3 Hz.

Parameter des Programms Prävention der Muskelatrophie Stufe 1

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	30 Hz	4 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	3 s	1,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	5 s	14 s	3 min
Dauer des Abfalls	2 s	0,75 s	0,5 s	3 s

Parameter des Programms Prävention der Muskelatrophie Stufe 2

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	40 Hz	4 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	3 s	1,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	6 s	12 s	3 min
Dauer des Abfalls	2 s	0,75 s	0,5 s	3 s

Behandlung der Muskelatrophie

Ein normal innervierter Muskel, der ruhig gestellt wird oder dessen Funktion eingeschränkt ist, verliert sehr schnell mehr oder weniger stark an Volumen, je nach Dauer und Umfang der Funktionseinschränkung.

Nicht alle Muskelfasern sind von einer Amyotrophie gleich stark betroffen. In erster Linie werden die langsamen Fasern (Typ I) in Mitleidenschaft gezogen. Es liegt deshalb auf der Hand, dass man vorwiegend die Kontraktionsfrequenzen der Muskelfasern vom Typ I zur Anwendung bringt, falls man mit Hilfe von tetanisierenden Muskelreizströmen einen atrophischen Muskel derart belasten möchte, dass er sein Volumen zurückgewinnt. Auf diese Art lässt sich die Rückgewinnung der Muskelmasse viel schneller bewerkstelligen als mit jeder anderen aktiven Arbeitsmethode.

Es erscheint auch vernünftig, die Dauer des Programms, mit anderen Worten die Belastung des Muskels, nach einigen Trainingssitzungen zu steigern (in der Regel nach etwa einer Woche).

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, indifferente (negative) und eine kleine (positive) Elektrode werden in der Nähe des motorischen Reizpunkts auf dem zu stimulierenden Muskel angebracht.

2

Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**, da mit dieser Stromform bei einer bestimmten Stromstärke ein maximales Muskelvolumen bzw. die größtmögliche Anzahl von Muskelfasern aktiviert werden kann.

3

Wir wählen die Impulsbreite, die der **Chronaxie des motorischen Nervs** des zu stimulierenden Muskels entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Komfort zu bieten. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

4

Wir wählen solche Frequenzen, die den **Muskelfasertyp I tetanisieren** können, wie sie in der Literatur zum Erlangen der optimalen Kontraktionskraft beschrieben werden.

5

Wir verwenden eine **maximale Stimulationsenergie**. Die erste und die zweite Sitzung dienen zur Gewöhnung des Patienten an die Methode, indem die Stimulationsenergie alle 3 bis 4 Kontraktionen gesteigert wird (der Patient ist immer in der Lage, eine höhere Energie zu ertragen, als er meint).

6

Einer der Schlüsselfaktoren der Wirksamkeit der meisten Elektrostimulationsprogramme ist das Arbeiten mit der maximalen erträglichen Energie. Je höher die Stimulationsenergie ist, desto größer ist die Anzahl der Muskelfasern, die arbeiten, und desto größer werden folglich die erzielten Fortschritte sein.

In zahlreichen klinischen Situationen sind die Bereiche in der Nähe der zu stimulierenden Muskelgruppen von einem Schmerzsyndrom variabler Intensität betroffen. Dieser Schmerz kann den Patienten daran hindern, mit der erforderlichen hohen Stimulationsenergie zu arbeiten.

Der Compex 3 ermöglicht die Kombination dieses Programm mit einem **TENS**-Programm.

Diese Kombination ist fakultativ und muss zunächst vom Benutzer aktiviert werden.

– Kanäle 1 und 2: Vom **Muskelatrophie**-Programm vorgeschriebene Muskelarbeit

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

Wenn diese Kombination aktiviert wurde, erscheint der Vermerk **TENS** auf dem Bildschirm gegenüber dem Kanal oder den Kanälen, auf denen diese Behandlung aktiv ist. Die praktischen Anwendungsregeln sind die üblichen Regeln der Programme zur Elektrostimulation der Muskeln (Muskelarbeit) und der Schmerzbehandlung vom Typ **TENS**. Sie müssen jedoch mit Vorsicht an die Verteilung der Stimulationsströme angepasst werden.

– Kanäle 1 und 2: Vom **Muskelatrophie**-Programm vorgeschriebene Muskelarbeit

- Elektrodenplatzierung wie für den zu stimulierenden Muskel angegeben
- Maximal erträgliche Stimulationsenergie

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

- Zwei oder vier auf der schmerzhaften Region angelegte große Elektroden
- Ausreichend Stimulationsenergie, um ein deutliches Kribbelgefühl zu erzielen

Wenn die Kombination **TENS** gewählt wurde, sind die **Mzi**-Funktionen – mit Ausnahme von **Mzi-SCAN** – nicht mehr zugänglich. Damit die Funktion **Mzi-SCAN** aktiv ist, muss man darauf achten, dass auf Kanal 1 oder 2 (oder Kanal 1, 2 oder 3) mit dem **Mzi-SENSOR**-System ausgestattete Kabel angebracht werden.

7

Um die Behandlung an den Fortschritt des jeweiligen Patienten anzupassen, steht ein Programm für die ersten beiden Wochen und ein weiteres für die folgenden Wochen zur Verfügung.

Auf jeder der Karten befinden sich drei Sequenzen.

– Die erste Sequenz besteht aus einer **2 min. dauernden Aufwärmphase** mit einer Frequenz von 6 Hz.

– Die zweite entspricht der eigentlichen Arbeit: **Kontraktion und Ruhe alternierend**; tetanische Kontraktionen der langsamen Muskelfasern durch tetanisierende Frequenzen gefolgt von Ruhephasen mit sehr niedrigen Frequenzen, um so die Durchblutung der Muskulatur zu steigern, um damit den Muskelfasern eine bessere metabolische Erholung nach jeder Kontraktion zu erlauben.

– Die dritte Sequenz ist eine **3 min. dauernde Entspannungsphase**, was nach der Arbeitssequenz dem Muskel eine optimale Erholung erlaubt mit möglichst schneller Elimination der Stoffwechselmetaboliten. Dies reduziert die Kontrakturgefahr und verhindert Muskelsteife.

Parameter des Muskelatrophie-Programms Stufe 1

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	35 Hz	4 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	6 s	7 s	3 min
Dauer des Abfalls	2 s	0,75 s	0,5 s	3 s

Parameter des Muskelatrophie-Programms Stufe 2

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	45 Hz	4 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	6 s	5 s	3 min
Dauer des Abfalls	2 s	0,75 s	0,5 s	3 s

Muskelkräftigung

Es sei darauf hingewiesen, dass unter Kräftigung die Verbesserung der Kraft eines Muskels zu verstehen ist, der ein normales bzw. fast normales Volumen aufweist. Diese Programme sind also nicht für die Prävention oder die Behandlung der Muskelatrophie vorgesehen. Sie werden beispielsweise in folgenden Fällen gebraucht:

- Um eine verbesserte Kraft von Muskeln zu erzielen, die vorher atrophiert waren und die ihr Volumen dank der Elektrostimulation mit Programmen zur Behandlung der Muskelatrophie wiedererlangt haben. Eine Verbesserung der Kraft kann auch bei Muskeln erreicht werden, die in der Folge einer Operation oder nach einer Ruhigstellung ihre Trophik dank der Elektrostimulation mit Programmen zur Prävention der Muskelatrophie erhalten konnten.

- Für die Kräftigung der lateralen Peronäusmuskulatur zur Prävention von Sprunggelenksdistorsionen.

- Zur Kräftigung der für den Halt des Humeruskopfes zuständigen Schultermuskulatur bei der Behandlung und Prävention von Schulterluxationen.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, indifferente (negative) und eine kleine (positive) Elektrode werden in der Nähe des motorischen Reizpunkts auf dem zu stimulierenden Muskel angebracht.

2

Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**, da mit dieser Stromform bei einer bestimmten Stromstärke ein maximales Muskelvolumen bzw. die größtmögliche Anzahl von Muskelfasern aktiviert werden kann.

3

Wir wählen die Impulsbreite, die der Chronaxie des motorischen Nervs des zu stimulierenden Muskels entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Komfort zu bieten. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mzi-SCAN** festgelegt werden.

4

Wir wählen solche Frequenzen, die die **schnellen Muskelfasern (Typ IIB)** für Kraft und der Schnelligkeit **tetanisieren**.

5

Wir verwenden eine **maximale Stimulationsenergie**. Die erste und die zweite Sitzung dienen zur Gewöhnung des Patienten an die Methode, indem die Stimulationsenergie alle 3 bis 4 Kontraktionen gesteigert wird (der Patient ist immer in der Lage, eine höhere Energie zu ertragen, als er meint). Der Therapeut spielt dabei eine wichtige Rolle, indem er motivierend auf den Patienten einwirkt und ihn zur aktiven Arbeit mit den bestmöglichen Kontraktionen anhält.

6

Einer der Schlüsselfaktoren der Wirksamkeit der meisten Elektrostimulationsprogramme ist das Arbeiten mit der maximal erträglichen Energie. Je höher die Stimulationsenergie ist, desto größer ist die Anzahl der Muskelfasern, die arbeiten, und desto größer werden folglich die erzielten Fortschritte sein. In zahlreichen klinischen Situationen sind die Bereiche in der Nähe der zu stimulierenden Muskelgruppen von einem Schmerzsyndrom variabler Intensität betroffen. Dieser Schmerz kann den Patienten daran hindern, mit der erforderlichen hohen Stimulationsenergie zu arbeiten.

Der Compex 3 ermöglicht die Kombination dieses Programm mit einem **TENS**-Programm. Diese Kombination ist fakultativ und muss zunächst vom Benutzer aktiviert werden.

– Kanäle 1 und 2: Vom Programm **Muskelkräftigung** vorgeschriebene Muskularbeit

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

Wenn diese Kombination aktiviert wurde, erscheint der Vermerk **TENS** auf dem Bildschirm gegenüber dem Kanal oder den Kanälen, auf denen diese Behandlung aktiv ist.

Die praktischen Anwendungsregeln sind die üblichen Regeln der Programme zur Elektrostimulation der Muskeln (Muskularbeit) und der Schmerzbehandlung vom Typ **TENS**. Sie müssen jedoch mit Vorsicht an die Verteilung der Stimulationsströme angepasst werden.

– Kanäle 1 und 2: Vom Programm **Muskelkräftigung** vorgeschriebene Muskularbeit

- Elektrodenplatzierung wie für den zu stimulierenden Muskel angegeben
- Maximal erträgliche Stimulationsenergie

- Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**
- Zwei oder vier auf der schmerzhaften Region angelegte große Elektroden
- Ausreichend Stimulationsenergie, um ein deutliches Kribbelgefühl zu erzielen

Wenn die Kombination **TENS** gewählt wurde, sind die **Mi**-Funktionen – mit Ausnahme von **Mi-SCAN** – nicht mehr zugänglich. Damit die Funktion **Mi-SCAN** aktiv ist, muss man darauf achten, dass auf Kanal 1 oder 2 (oder Kanal 1, 2 oder 3) mit dem **Mi-SENSOR**-System ausgestattete Kabel angebracht werden.

7

Für diese Behandlung stehen 2 Stufen zur Verfügung. Die erste Stufe ist für die beiden ersten Wochen konzipiert, die zweite für die folgenden Wochen.

Jedes Programm besteht aus 3 Stimulationssequenzen, die automatisch aufeinander folgen.

– Die erste Sequenz besteht aus einer **2 min. dauernden Aufwärmphase** mit einer Frequenz von 6 Hz.

– Die zweite ist die Arbeitssequenz: **Kontraktion und Ruhe alternierend**; tetanische Kontraktionen der schnellen Muskelfasern mit tetanisierenden Frequenzen für die schnellen Muskelfasern gefolgt von einer Ruhephase mit mindestens zweifacher Kontraktionsdauer. Während dieser Ruhephase ermöglicht eine sehr niedrige, so genannte Entspannungsfrequenz (4 Hz) die Steigerung der Durchblutung und damit eine verbesserte Erholung zwischen zwei tetanischen Kontraktionen.

– Die dritte Sequenz dient der **Relaxation und dem Auslaufen der Behandlung**. Sie ermöglicht dem Muskel nach der Arbeitssequenz eine optimale Erholung mit möglichst schneller Elimination der Stoffwechselmetaboliten. Dies reduziert die Kontrakturgefahr und verhindert Muskelsteife. Sie dauert 3 Minuten.

Parameter des Programms Muskelkräftigung Stufe 1

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	75 Hz	4 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	4 s	10 s	3 min
Dauer des Abfalls	2 s	0,75 s	0,5 s	3 s

Parameter des Programms Muskelkräftigung Stufe 2

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	85 Hz	4 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	4 s	8 s	3 min
Dauer des Abfalls	2 s	0,75 s	0,5 s	3 s

Hüftprothesen

Die Implantation einer Hüftprothese hat, wie alle orthopädisch-chirurgischen Eingriffe an der Hüfte, eine Atrophie der Gesäßmuskeln zur Folge, die mit einem Verlust der aktiven Stabilität bei einseitiger Belastung und beim Gehen einhergeht. Neben Übungen und aktiver Krankengymnastik ist die neuromuskuläre Elektrostimulation der großen und mittleren Gesäßmuskeln speziell zur effizienten Behandlung der Insuffizienz dieser Muskeln angezeigt.

Die Sequenzen mit sehr tiefen Frequenzen wie die Aufwärmsequenzen, die Sequenzen der aktiven Erholung zwischen den tetanischen

Kontraktionen und die Sequenzen der Entspannung am Ende der Behandlung führen zu individuell verschiedenen Muskelzuckungen, die Vibrationen des Prothesenmaterials hervorrufen.

Die 3 Stufen des Programms **Hüftprothese** entsprechen jeweils den Programmen: **Muskelatrophie**, Stufe 1, **Muskelatrophie**, Stufe 2 und **Muskelkräftigung**, Stufe 1, in denen die sehr tiefen Frequenzen ausgeschaltet sind. Die 3 Stufen des Programms **Hüftprothese** bestehen also nur aus - durch Phasen der vollkommenen Ruhe voneinander getrennte - Phasen tetanischer Kontraktionen.

Patellasyndrom

Diese Störung der Statik wird im Wesentlichen verursacht durch ein Ungleichgewicht zwischen den verschiedenen Muskelköpfen des Quadrizeps. Es besteht eine relative Schwäche des inneren Schenkelmuskels gegenüber dem äußeren, die eine seitliche Verlagerung der Patella nach außen und einen Überdruck zwischen dem Condylus lateralis und der darüber liegenden Fläche der Patella zur Folge hat. Die spezifische Stärkung des inneren Schenkelmuskels, die nur durch Elektrostimulation realisierbar ist, ist bei diesem pathologischen Zustand die Behandlung der Wahl.

Wiederholte Traumen des Kniegelenks, können Läsionen des Gelenkknorpels der Knie Scheibe nach sich ziehen mit der Folge von Schmerzen unterschiedlicher Intensität und einem Phänomen der Reflexhemmung, das für eine Atrophie des gesamten Quadrizeps verantwortlich ist. Die daraus resultierende Insuffizienz des Quadrizeps gefährdet die aktive Stabilität des Gelenks und verstärkt die Schmerzen. Dieser Teufelskreis kann dank der Elektrostimulation des Quadrizeps durchbrochen werden.

Die Parameter des Programms für **Patellasyndrom** sind speziell so ausgelegt, dass jegliche Muskelerstümmung unterbleibt, die eine unerwünschte Wirkung auf die Kniescheibe (Schmerzen) haben kann.

Die drei Stufen dieses Programms entsprechen jeweils den Programmen:

Muskeltrophie, Stufe 1, **Muskeltrophie**, Stufe 2 und **Muskelkräftigung**, Stufe 1, wobei die sehr niedrigen Frequenzen entfernt wurden. Die drei Stufen des Programms für **Patellasyndrom** erzeugen also nur tetanische Kontraktionen unterbrochen von Phasen vollständiger Ruhe.

Rotatorenmanschette

Wegen der anatomischen Lage sind Tendinopathien der Rotatorenmanschette ein echtes Problem der Volksgesundheit. Bei einer 1986 im Großbritannien durchgeführten Untersuchung stellte sich heraus, dass 20% der Bevölkerung wegen Problemen mit der Schulter einen Arzt aufsuchen. Die Pathogenese dieser Tendinopathien beinhaltet zahlreiche Faktoren: intrinsische Faktoren (mangelnde Gefäßversorgung, strukturelle Anomalie der Kollagenfasern...) und extrinsische Faktoren (mechanische Überbelastung, Störungen der Kinematik...) die auch kombiniert auftreten, können für diese Probleme mit den Bändern verantwortlich sein. Die Störungen der Kinematik scheinen eine besonders wichtige Rolle zu spielen und führen meist zu einer Einschränkung der Beweglichkeit der Gelenke, zu Schmerzen und funktionellen Störungen.

Die Einschränkung der Beweglichkeit der Gelenke wird durch spezielle Tests nachgewiesen und betrifft die Flexion (Antepulsion) und/oder die Abduktion. Eine Begrenzung der Flexion ist ein Zeichen für eine antero-superiore Dezentrierung, eine

Begrenzung der Abduktion dagegen ist ein Zeichen für eine Dezentrierung des Spin in medialer Rotation. Die Wiederherstellung der Beweglichkeit der Gelenke erfolgt nach der durch den Einsatz von geeigneten Mitteln erreichten Korrektur der Dezentrierung. Die Arbeit der neuromuskulären Kontrolle muss auf den Koaptations-Muskeln beruhen, die den Druck vom Humeruskopf und den seitlichen Rotatoren nehmen. Die Priorität, die dem breiten Rückenmuskel und dem großen Brustmuskel in früheren Jahren eingeräumt wurde, wird heute stark in Frage gestellt, da diese Muskeln eine Komponente der medialen Rotation aufweisen. Die einzigen Muskeln, die diesen mechanischen Anforderungen gerecht werden, sind der M. supraspinatus und der M. infraspinatus, auf die sich die neuromotorische Rehabilitation einschließlich der Elektrostimulation primär konzentriert.

Die 3 Stufen des Programms **Rotatorenmanschette** entsprechen jeweils den Programmen: **Muskeltrophie**, Stufe 1, **Muskeltrophie**, Stufe 2 und **Muskelkräftigung**, Stufe 1.

VKB

Der Riss des vorderen Kreuzbandes (VKB) des Knies gehört zu den häufigsten Unfällen in der Sporttraumatologie. Die VKB-Chirurgie entwickelte sich in den letzten Jahrzehnten ständig weiter und hat besonders durch den Einsatz von arthroskopischen Techniken beträchtliche Fortschritte gemacht.

Die Wiederaufnahme sportlicher Aktivität erfordert zum einen ausreichende Festigkeit des transplantierten Sehnenstücks, das hohe mechanische Anforderungen erfüllen muss und zum zweiten eine gute aktive Stabilität des Gelenks.

Diese aktive Stabilität stellt an die Muskulatur die Anforderung teilweise sehr hohen Kräften so schnell wie möglich mit einem propriozeptiven Reflex entgegenzutreten. Eine der Folgen der Operation ist stets eine markante Amyotrophie des Quadrizeps, deren Behandlung eines der wichtigsten Ziele einer Therapie sein muss. Bei der Rehabilitation des Quadrizeps ist in den ersten 3 bis 4 Monaten die Arbeit in offener kinetischer Kette unbedingt zu vermeiden, da das unerwünschte vordere Schubladenphänomen der Tibia hervorgerufen werden kann, das während der Phase der Vaskularisation eine Gefahr für das Sehnenimplantat darstellen kann.

Das **VKB**-Programm ist speziell auf die besondere Problematik der Ligamentoplastie des VKB abgestimmt und bietet eine Sitzung mit verschobener Ko-Kontraktion. Die Stimulation beginnt mit der ischiocruralen

Muskulatur (Kanal 1 und 2) und während diese weiterläuft, setzt die Stimulation des Quadrizeps (Kanal 3 und 4) ein, was jegliches Risiko eines unerwünschten vorderen Schubladenphänomens ausschließt.

Parameter des Programms VKB

	1. Kontraktion	2. Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	40 Hz	40 Hz	4 Hz
Dauer des Anstiegs	3 s	1,5 s	0,5 s
Dauer der Phase	6 s	3 s	8 s
Dauer des Abfalls	0,75 s	0 s	0,5 s

Muskelverletzung

Übertriebene Dehnungen oder Kontraktionen eines Muskels, die eine Spannung erzeugen, die über den mechanischen Möglichkeiten der Muskelfasern liegt - zum Beispiel bei plötzlichen oder explosiven Bewegungen, wie bei einem Sprintstart - können für Zerrungen oder sogar Risse und Zerreißen von Muskeln verantwortlich sein. Diese Muskelläsion kann mehr oder weniger schwerwiegend sein und von der einfachen Überdehnung einer kleinen Fasergruppe bis zu einer erheblichen Zerreißen mit Blutung und

Hämatombildung reichen. Neben der üblichen Behandlung, die in dieser Situation eingeleitet wird (Ruhigstellung, Kälteanwendung, Kompression, usw.) trägt eine progressive Elektrostimulationsbehandlung zu einer rascheren Wiederaufnahme der normalen Aktivität bei.

Das Programm **Muskelverletzung** ist dazu konzipiert, den Muskel ganz langsam - innerhalb von mehreren Sekunden - anzuspannen, um eine abrupte Beanspruchung zu vermeiden.

Parameter des Programms Muskelverletzung

	Aufwärmen	Kontraktion	Aktive Erholung	Entspannung
Frequenz	6 Hz	40 Hz	4 Hz	3 Hz
Anstiegsdauer des Stroms	1,5 s	6 s	1,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	2 min	3 s	10 s	3 min
Abfalldauer des Stroms	2 s	1,5 s	1,5 s	3 s

Motorischer Reizpunkt

Die Programme zur Elektrostimulation der Muskeln sind Programme, die den Muskeln Arbeit auferlegen. Die Art des Fortschritts hängt vom Typ der Arbeit ab, die man den Muskeln auferlegt, das heißt vom gewählten Programm. Die von diesen Programmen generierten Impulse werden (über den motorischen Nerv) durch Klebeelektroden auf die Muskeln übertragen. Die Positionierung der Elektroden ist einer der entscheidenden Faktoren, um eine angenehme Anwendung der Elektrostimulation sicherzustellen.

Folglich ist es unerlässlich, diesem Aspekt besondere Sorgfalt zu widmen. Durch die korrekte Platzierung der Elektroden und die Anwendung einer starken Energie bringt man eine große Anzahl von Muskelfasern zum Arbeiten. Je höher die Energie und je größer die räumliche Ausdehnung, das heißt die Zahl der Fasern, die arbeiten, desto höher ist die Anzahl der Muskelfasern, die Fortschritte machen.

Ein Stimulationskanal besteht aus zwei Elektroden:

- Einer positiven Elektrode (+): roter Anschluss,
- Einer negativen Elektrode (-): schwarzer Anschluss.

Die positive Elektrode muss genau am motorischen Reizpunkt des Muskels angebracht werden. Ein motorischer Reizpunkt ist ein äußerst eng begrenzter Bereich, in dem der motorische Nerv am leichtesten erregbar ist. Obwohl die Lage der verschiedenen motorischen Reizpunkte heute gut bekannt ist, kann es Abweichungen von bis zu mehreren Zentimetern zwischen den verschiedenen Personen geben.

Das Programm **Motorischer Reizpunkt**, in Verbindung mit der Anwendung der mit Ihrem Gerät gelieferten Reizpunktsonde (Motor Point Pen), gestattet es, die motorischen Reizpunkte bei jedem Einzelnen mit großer Präzision zu lokalisieren und eine optimale Wirksamkeit der Programme zu garantieren.

Es wird empfohlen, dieses Programm vor Beginn einer Elektrostimulationsbehandlung der Muskeln auszuführen. Die auf diese Weise ermittelten motorischen Reizpunkte lassen sich leicht mit einem Hautstift oder einem anderen Mittel auf der Haut markieren, damit sie nicht vor jeder Anwendung erneut gesucht werden müssen.

ANALGETISCH

Akuter Schmerz

Aufgrund aktueller Experimente ist bekannt, dass durch sehr niederfrequente Ströme (1 Hz) verursachte Muskelschüttelungen Kontrakturen lösen und den Ruhetonus erniedrigen können.

Diese Art der Behandlung (von den früheren Anhängern) auch Tonolyse genannt, ist zur Behebung akuter Kontrakturen (Torticollis, Lumbago, usw...) angezeigt. So lässt sich auch die Ruhespannung einzelner Muskeln senken, um bestimmte manuelle Manipulationen zu erleichtern.

Bei spastischen Muskeln wird empfohlen, die speziell für diesen Zweck entwickelten Programme zu verwenden und die Antagonisten der spastischen Muskeln zu stimulieren.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, indifferente (negative) und eine kleine (positive) Elektrode, die entweder über der kontrahierten Stelle des Muskels angebracht wird, falls wir Kontrakturen behandeln, oder über dem motorischen Reizpunkt des Muskels, falls wir den Grundtonus beeinflussen wollen.

2

Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**, um ein möglichst großes Volumen der kontrahierten Einheiten zu mobilisieren.

3

Wir verwenden an die sehr niedrige Frequenz angepasste Impulsbreiten mit der **Chronaxie der zu bearbeitenden Muskelgruppen**. Für dieses Programm sind 7 verschiedene Zonen verfügbar.

4

Wir wählen eine sehr niedrige Frequenz (1 Hz).

5

Wir verwenden eine genügend starke **Stimulationsenergie**, um alle von der Kontraktur betroffenen Muskelfasern aktivieren zu können.

6

Ein wesentlicher Faktor der therapeutischen Wirksamkeit besteht in der Auslösung von Muskelzuckungen, was in bestimmten Fällen die Verwendung einer hohen Stimulationsenergie erfordern kann. In bestimmten Schmerzsituationen, besonders wenn bei dem Patienten eine gesteigerte Schmerzempfindlichkeit besteht, kann sich die unerlässliche Progression der Stimulationsenergie als schwierig erweisen. Es ist dann interessant, zusätzlich das Programm **TENS** anzuwenden, um schneller und auf komfortablere Weise Muskelzuckungen zu erzielen – ein entscheidender Faktor für eine wirkungsvolle Behandlung. Diese Anwendung ist fakultativ und muss zuvor vom Benutzer aktiviert werden. Für alle Programme sind die Stimulationsströme stets auf folgende Weise verteilt:

Parameter des Programms **Akuter Schmerz**

	Dauer des Anstiegs	Behandlungsphase	Dauer des Abfalls	Frequenz
Programm Akuter Schmerz	1,5 s	20 min	1,5 s	1 Hz

TENS (Gate Control)

Das Prinzip besteht in der Provokation einer erheblichen Menge von Afferenzen des Tastsinns, um so auf Höhe der Hinterstränge des Rückenmarks die Schmerzafferenzen zu inhibieren.

– Kanäle 1 und 2: Programm **Akuter Schmerz**

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

Wenn diese Kombination aktiviert wurde, erscheint bei allen Programmen der Vermerk **TENS** auf dem Bildschirm, und zwar gegenüber dem Kanal oder den Kanälen, auf denen diese Behandlung aktiv ist. Die praktischen Regeln für die Anwendung sind die üblichen Regeln der Programme zur Elektrostimulation der Muskeln (Muskelarbeit) und der Schmerzbehandlung vom Typ **TENS**. Sie müssen jedoch vorsichtig an die Verteilung der Stimulationsströme angepasst werden.

– Kanäle 1 und 2: Programm **Akuter Schmerz**

- Positionierung der Elektroden wie für die zu stimulierende Region angegeben
- Ausreichende Stimulationsenergie, um gut sichtbare Muskelzuckungen zu erzielen

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

- Zwei oder vier große Elektroden werden auf der schmerzhaften Region angelegt
- Ausreichende Stimulationsenergie, um ein deutliches Ameisenkribbeln zu erzielen

Wenn die Kombination mit **TENS** gewählt wurde, bleibt der Modus **MZ-SCAN** verfügbar. Der Modus **MZ-RANGE** hingegen ist nicht mehr zugänglich. Damit die Funktion **MZ-SCAN** aktiv ist, ist darauf zu achten, dass das mit dem **MZ-SENSOR** System ausgestattete Kabel auf Kanal 1 oder 2 eingesteckt wird.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **bipolar**. 2 große Elektroden gleicher Größe werden pro Kanal um die oder auf der schmerzhaften Stelle angelegt.

2

Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**, da kein motorischer Reizpunkt vorhanden ist und die sensiblen Rezeptoren und die Nervenfasern des Tastsinnes auf der gesamten Hautoberfläche vertreten sind.

3

Wir wählen sehr kurze Impulsbreiten, entsprechend der **Chronaxie der Nervenfasern des Tastsinnes** also 30, 50 oder 70 μ s, je nach Patiententyp sehr empfindlich, normal oder wenig empfindlich [entsprechend Stufe 1, 2, 3].

4

Wir verwenden Frequenzen entsprechend den **Arbeitsfrequenzen** der Nervenfasern des Tastsinnes von 50 bis 150 Hz.

5

Gegen das **Phänomen der Gewöhnung** gibt es mehrere Mittel. Das erste ist die progressive Steigerung der Intensität, immer dann, wenn der Patient keine ausreichenden Parästhesien mehr verspürt. Das andere Mittel ist eine permanente Variation der Stimulationsfrequenz. Deshalb gibt es auch **TENS gewobbelt**.

6

Wir achten darauf, dass der Patient die elektrische Stimulation (Kitzeln) auf die gerade noch zumutbar stärkste Weise verspürt, ohne dass dadurch auch nur die geringste motorische Stimulation entsteht. Die Muskulatur muss jederzeit vollständig entspannt bleiben.

In der Funktion **Mi-TENS** werden Kontraktionen der Muskeln vom **Mi-SENSOR** erkannt. Wenn der **Mi-SENSOR** eine Reaktion des Muskels anzeigt, senkt der Stimulator automatisch die Stimulationsenergie. Somit werden Kontraktionen sofort unterbunden.

Parameter des Programms TENS

	Dauer des Anstiegs	Behandlungsphase	Dauer des Abfalls	Frequenz
Programm TENS	1,5 s	20 min	1,5 s	100 Hz
	Dauer des Anstiegs	Behandlungsphase	Dauer des Abfalls	Frequenz
Programm TENS gewobbelt	2 s	20 min	2 s	50 bis 150 Hz

Endorphin

Gemäss den Publikationen über die Schmerzverminderung durch Steigerung der Endorphinproduktion müssen die Impulse gerade genügen, um eine Muskelzuckung hervorzurufen, und die Zuckungen mit sehr niedriger Frequenz von 1 bis 5 Hz aufeinander folgen.

Abgesehen von der allgemein gesteigerten Endorphinausschüttung im Hypothalamus,

die die Empfindungsschwelle für Schmerzen anhebt, kommt es auch zu einer äußerst wichtigen lokalen Wirkung. Die fünf Zuckungen, die in der Sekunde durch die Stimulation hervorgerufen werden, sorgen für eine signifikante Hyperämie, die den Abtransport der sauren Stoffwechselprodukte und freien Radikalen fördert, die sich in chronisch kontrahierten Muskelbereichen ansammeln.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, indifferente [negative] und eine kleinere, aktive [positive] Elektrode an den Auslösepunkten anlegen.

2

Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**.

3

Wir verwenden genügend **breite Impulse**, um eine Muskelzuckung zu erzielen, nämlich eine Impulsdauer von 200 μ s, was der mittleren Chronaxie der A δ - und A α -Fasern entspricht.

4

Diese Impulse applizieren wir mit einer **Frequenz von 5 Hz**, entsprechend den Publikationen über diese Methode der analgetischen Elektrotherapie.

5

Die aktive Elektrode wird seitwärts der Wirbelsäule auf Höhe der Eintrittsstelle der sensiblen Nervenwurzel entsprechend der zu behandelnden Zone angelegt oder auf Höhe des Akupunkturpunktes, auf den man einwirken möchte.

6

Ein wesentlicher Faktor der therapeutischen Wirksamkeit besteht in der Auslösung von Muskelzuckungen, was in bestimmten Fällen die Verwendung einer hohen Stimulationsenergie erfordern kann. In bestimmten Schmerzsituationen, besonders wenn bei dem Patienten eine gesteigerte Schmerzempfindlichkeit besteht, kann sich die unerlässliche Progression der Stimulationsenergie als schwierig erweisen. Es ist dann interessant, zusätzlich das

Programm **TENS** anzuwenden, um schneller und auf komfortablere Weise Muskelzuckungen zu erzielen – ein entscheidender Faktor für eine wirkungsvolle Behandlung. Diese Anwendung ist fakultativ und muss zuvor vom Benutzer aktiviert werden. Für alle Programme sind die **Stimulationsströme** stets auf folgende Weise verteilt:

– Kanäle 1 und 2: Programm **Endorphin**

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

Wenn diese Kombination aktiviert wurde, erscheint bei allen Programmen der Vermerk **TENS** auf dem Bildschirm, und zwar gegenüber dem Kanal oder den Kanälen, auf denen diese Behandlung aktiv ist. Die praktischen Regeln für die Anwendung sind die üblichen Regeln der Programme zur Elektrostimulation der Muskeln (Muskelarbeit) und der Schmerzbehandlung vom Typ **TENS**. Sie müssen jedoch vorsichtig an die Verteilung der Stimulationsströme angepasst werden.

– Kanäle 1 und 2: Programm **Endorphin**

- Positionierung der Elektroden wie für die zu stimulierende Region angegeben
- Ausreichende Stimulationsenergie, um gut sichtbare Muskelzuckungen zu erzielen

– Kanäle 3 und 4: Programm **TENS**

- Zwei oder vier große Elektroden werden auf der schmerzhaften Region angelegt
- Ausreichend Stimulationsenergie, um ein deutliches Ameisenkribbeln zu erzielen

Wenn die Kombination mit **TENS** gewählt wurde, bleibt der Modus **Mi-SCAN** verfügbar; hingegen ist der Modus **Mi-RANGE** nicht mehr zugänglich. Damit die Funktion **Mi-SCAN** aktiv ist, ist darauf zu achten, dass das mit dem System **Mi-SENSOR** ausgestattete Kabel auf Kanal 1 oder 2 positioniert wird.

Parameter des Programms Endorphin

	Dauer des Anstiegs	Behandlungsphase	Dauer des Abfalls	Frequenz
Programm Endorphin	1,5 s	20 min	1,5 s	5 Hz

Zervikalgie

Analgetischer Strom vom Typ **Endorphin**, der die analgetische Wirkung durch Freisetzung von Endorphinen mit einer

Erhöhung des Blutflusses kombiniert. Dieses Programm ist besonders bei Schmerzen im Nacken zu empfehlen.

Dorsalgie

Analgetischer Strom vom Typ **Endorphin**, der die analgetische Wirkung durch Freisetzung von Endorphinen mit einer Erhöhung des Blutflusses kombiniert.

Dieses Programm ist besonders bei Schmerzen im Rückenbereich zu empfehlen.

Lumbalgie

Analgetischer Strom vom Typ **Endorphin**, der die analgetische Wirkung durch Freisetzung von Endorphinen mit einer

Erhöhung des Blutflusses kombiniert. Dieses Programm ist besonders bei hartnäckigen Schmerzen im unteren Rückenbereich zu empfehlen.

Ischialgie

Analgetischer Strom vom Typ **Endorphin**, der die analgetische Wirkung durch Freisetzung von Endorphinen mit einer Erhöhung des Blutflusses kombiniert. Dieses Programm ist besonders bei hartnäckigen Schmerzen im

unteren Rückenbereich zu empfehlen, die mit Schmerzen im Gesäßmuskel einhergehen die bis in die Hinterseite des Oberschenkels und manchmal bis in Bein und Fuß ausstrahlen können.

Torticollis

Analgetischer Strom vom Typ **akuter Schmerz**, der Muskelverspannungen lindert. Dieses Programm ist besonders

bei heftigen und plötzlich auftretenden Schmerzen im Nackenbereich zu empfehlen.

Lumbago

Analgetischer Strom vom Typ **akuter Schmerz**, der Muskelverspannungen lindert. Dieses Programm ist besonders

bei heftigen und plötzlich auftretenden Schmerzen im unteren Rückenbereich zu empfehlen.

Epikondylitis

Analgetischer Strom vom TYP **TENS gewobbelt**, der den Schmerz blockiert (Gate Control Phänomen). Dieses

Programm ist besonders bei hartnäckigen Schmerzen im Ellenbogen zu empfehlen.

Arthralgie

Analgetischer Strom vom TYP **TENS** frequenzmoduliert, der den Schmerz blockiert (Gate Control Phänomen). Dieses

Programm ist besonders bei hartnäckigen Schmerzen in Gelenken wie beispielsweise Arthrose und Rheuma zu empfehlen.

VASKULÄR

Gefäßprobleme der Extremitäten sind unterschiedlicher Art, je nachdem ob es sich um einfache Funktionsstörungen, organische Veränderungen der Arterien- oder Venenwände, mit oder ohne Ödem, handelt. Dieser komplexe Sachverhalt erfordert verschiedene, spezifische Behandlungsprogramme entsprechend der vorliegenden Pathologie. Diese Programme wurden anhand von klinischen Test- und Versuchsreihen in der Angiologie sowie auf der Grundlage der folgenden Standardveröffentlichungen entwickelt:

Rigaux P., Zicot M.
Augmentation du débit artériel fémoral sous électrostimulation neuromusculaire de la jambe.
Kiné. Scientif. 357: 7-13; 1996

Rigaux P., Zicot M.
Influence de la fréquence de stimulation neuromusculaire électrique de la jambe sur le débit artériel fémoral.
J. Maladies Vascu. 20: 9-13; 1995

Tsang G.M.K., Green A.J., Hudlicka O., Shearman C.P.
Chronic muscle stimulation improves ischaemic muscle performance in patients with peripheral vascular disease.
Eur. J. Vasc. Surg. 8: 419-22; 1994

Bolter
Changes in thoracic and right duct lymph flow and enzyme content during skeletal muscle stimulation.
Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie 84: 115-28; 1976

Clemente
Effect of motor neuromuscular electrical stimulation on microvascular perfusion of stimulated rat skeletal muscle.
Physical Therapy 7 1: 397-406; 1991

Lindstrom
Electrical induced short-lasting tetanus of the cast muscle for prevention of deep vein thrombosis.
British Journal of Surgery 69: 203-6; 1982

Schwere Beine

Das Symptom der "schweren Beine" besteht in einer gelegentlichen Venenschwäche ohne organische Schädigung. Es sind noch keine Krampfadem zu beobachten, sondern nur angeschwollene Füße und Knöchel mit einem Schweregefühl in den Beinen. Das Symptom der schweren Beine tritt häufiger bei Frauen auf, mit einem Schwerpunkt im Zusammenhang mit durch den Menstruationszyklus verursachten Hormonveränderungen.

Langes Stehen, selbst langes, ununterbrochenes Sitzen verursachen ein Anschwellen (Stauungsödem) mit einem

Schweregefühl in den unteren Extremitäten. Dies geht einher mit einer gewissen Muskelanspannung, und die Patienten leiden manchmal an Wadenkrämpfen.

Die Situation verbessert sich im Allgemeinen durch Gehen oder Ausruhen in Rückenlage mit hochgelagerten Beinen. Liegen verringert die Venenstauung durch Verminderung des hydrostatischen Drucks. Die Muskelkontraktionen drücken das Venenblut nach oben, indem sie die tiefen Beinvenen komprimieren. Diese beiden klassischen Methoden fördern den Venenrückfluss und bekämpfen relativ wirksam das Symptom der schweren Beine mit oder ohne Ödem.

Der Vorteil der Stimulation mit dem Programm **Schwere Beine** besteht in der Kombination beider Wirkungen: der Stimulation der Muskelaktivität, um den Kreislauf zu erhöhen, und der Liegeposition mit hochgelagerten Beinen, um einen negativen Druckgradienten zu erhalten. Die Verminderung der hydrostatischen Beschwerden in Verbindung mit der Erhöhung des Blutflusses stellt das Gleichgewicht des interstitiellen Flüssigkeitsspiegels wieder her, baut Ödeme und akkumulierte Stoffwechselschlacken ab und versorgt das beeinträchtigte Gewebe mit Sauerstoff. Darüber hinaus unterdrücken die sehr niedrigen Stimulationsfrequenzen dank ihrer tonisierenden Wirkung die Muskelspannung und die Krampfanfälligkeit.

Während der Behandlung werden progressiv und automatisch eine Reihe von klar definierten Frequenzen verwendet, die den Venenrückfluss und die Sauerstoffversorgung erhöhen (7 Hz), eine maximale Endorphinwirkung erzeugen (5 Hz) und schließlich einen entspannenden tonolytischen Effekt bewirken (3 Hz), alles unter Beibehaltung eines erhöhten Blutflusses.

Durchführung einer Behandlung Schwere Beine

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große indifferente (negative) Elektrode wird transversal unter der Kniekehle und zwei kleine aktive positive Elektroden werden in Höhe des Muskelbauchs des Wadenmuskels angebracht.

2

Wir verwenden **biphasisch kompensierte, symmetrische Impulse**, da bei einer

bestimmten elektrischen Intensität mit dieser Impulsart eine maximale räumliche Beanspruchung erzielt wird, d.h. die Höchstzahl motorischer Einheiten wird aktiviert und die Wirkung ist daher höher.

3

Damit sich der Patient sich so wohl wie möglich fühlt, verwenden wir **Impulsbreiten**, die der Chronaxie der motorischen Nerven entsprechen, die die Beinmuskeln kontrollieren. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **MZ-SCAN** festgelegt werden.

4

Diese Impulse werden mit progressiv abnehmenden **Frequenzen** von 7 bis 3 Hz gesendet. Das Programm **Schwere Beine** besteht aus drei Sequenzen von jeweils sieben Minuten, die automatisch aufeinanderfolgen. Dadurch unterliegen die stimulierten motorischen Einheiten einer nicht-tetanischen Arbeit, die von einer maximalen Erhöhung des Blutflusses über eine endorphinische bis hin zu einer entspannenden Wirkung reicht.

5

Stellen Sie die **Stimulationsenergie** so ein, dass sich der Muskel heftig bewegt. Diese Bewegungen erhöhen den Blutfluss des Muskels. Die für den Patienten individuellen Mindest- und Höchstwerte elektrischer Energie werden mit der Funktion **MZ-RANGE** ermittelt und grafisch dargestellt.

6

Bringen Sie den Patienten in Rückenlage, Kopf flach, Beine ungefähr dreißig Zentimeter über der Tischplatte und die Knie leicht angewinkelt (15 bis 30°), um einen negativen hydrostatischen Druck und einen minimalen Venendruck zu erlangen.

Parameter des Programms Schwere Beine

	1. Sequenz	2. Sequenz	3. Sequenz
Frequenz	7 Hz	5 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1 s	1 s
Dauer der Phase	7 min	7 min	7 min
Dauer des Abfalls	0,5 s	0,5 s	6 s

Veneninsuffizienz

Durchführung einer Behandlung Veneninsuffizienz ohne Ödem

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große indifferente (negative) Elektrode wird transversal unter der Kniekehle und zwei kleine aktive positive Elektroden werden unter dem Fibulaköpfchen sowie am unteren Rand der Kniekehle angebracht. Diese Anordnung der Elektroden ermöglicht eine globale Arbeit der Beinmuskeln und somit eine maximale Kompression der tiefen Venen bei tetanischen Kontraktionen.

2

Wir verwenden **biphasisch kompensierte, symmetrische Impulse**, da bei einer bestimmten elektrischen Intensität mit dieser Impulsart eine maximale räumliche Beanspruchung erzielt wird, d.h. die Höchstzahl motorischer Einheiten wird aktiviert und die Wirkung ist daher höher.

3

Damit der Patient sich so wohl wie möglich fühlt, wählen wir Impulsbreiten, die der **Chronaxie der Peronäusnerven** entsprechen. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **MZ-SCAN** festgelegt werden.

4

Diese Impulse werden so gesendet, dass kurze tetanische Kontraktionen (die die Entleerung der tiefen Venen verursachen) entstehen, die von langen Zeiträumen der Erhöhung des Blutflusses unterbrochen werden. Die tetanischen Kontraktionen dauern 4 s und werden mit einer Frequenz von 50 Hz durchgeführt. Die Zeiträume aktiver Ruhe dauern 21 s mit einer tiefen Frequenz von 8 Hz, um eine maximale Erhöhung des Blutflusses zu bewirken. Die Dauer dieses Programms beträgt 19 Minuten.

5

Stellen Sie die **Stimulationsenergie** so ein, dass sowohl in der Phase der tetanischen Kontraktion als auch bei der aktiven Erholung geeignete Muskelreaktionen erzielt werden.

6

Lagern Sie den Patienten bequem.

Bei Veneninsuffizienz besteht ein Organschaden der Venenwand, der sich klinisch durch mehr oder weniger ausgeprägte Krampfaderen äußert. Diese sind auf eine permanente Venenerweiterung zurückzuführen, verursacht durch Überdruck und Stauung des Venenbluts, zu der sich eine progressive Hypoxie der Intima (Innenhaut der Gefäßwand) hinzugesellt.

Verantwortlich für diesen Prozess ist die Insuffizienz der Klappen der tiefen Venen und der Venae perforantes. Ihre Rolle als Hemmer für den Rückstrom des Venenbluts ist nicht mehr gewährleistet. Der hydrostatische Druck ist erhöht und die Muskelkontraktionen reichen nicht mehr aus, um das Venenblut abzuführen. Dieses staut sich und lässt die Oberflächenvenen bis zur Entstehung von krampfaderartigen Erweiterungen anschwellen.

Bei Veneninsuffizienz entsteht häufig, aber nicht immer ein Stauungsödem. Bei demselben Patienten kann das Ödem je nach Tageszeitpunkt und je nach verbrachter Zeit im Stehen vorhanden sein oder nicht. Daher ist eine Veneninsuffizienz mit Ödem von einer Veneninsuffizienz ohne Ödem zu unterscheiden. Die Art des Elektrostimulationsprogramms hängt davon ab, ob ein Ödem in Verbindung mit Krampfadern vorliegt oder nicht.

1 Veneninsuffizienz ohne Ödem

Einerseits soll die Elektrostimulation eine Erhöhung des allgemeinen Blutflusses (arteriell und venös) ermöglichen, um den Kreislauf der interstitiellen Flüssigkeit und die Oxygenisierung der Gewebe und Veneninnenhaut (Intima) zu erhöhen. Andererseits ist eine maximale Entleerung der Venen erforderlich, um die Stauung abzubauen. Die Erhöhung des Arterienflusses (also kapillar und venös) wird mittels der optimalen tiefen Frequenz von 8 Hz zur Erhöhung des Blutflusses erreicht. Die Entleerung der tiefen Venen erfolgt dank der Kompression dieser Venen, die durch tetanische Kontraktionen der Beinmuskeln erzielt wird. Das Programm besteht demnach aus kurzen Kontraktionen der Beinmuskeln, die von langen aktiven Pausen zur Erhöhung des Blutflusses unterbrochen werden.

Parameter des Programms Veneninsuffizienz ohne Ödem

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	50 Hz	8 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1 s
Dauer der Phase	4 s	21 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	1 s

2 Veneninsuffizienz mit Ödem

Das Vorhandensein eines Ödems ändert das Elektrostimulationsprogramm vollkommen. In diesem Fall können die niedrigen Frequenzen nicht benutzt werden, um den Arterienfluss zu erhöhen, weil sie den peripheren Gefäßwiderstand herabsetzen, den Perfusionsdruck der Kapillare erhöhen und das Ödem verschlimmern können. Die tetanischen Kontraktionen dagegen fördern die Entleerung der tiefen Venen und die Drainage des Ödems, sofern sie in einer bestimmten Reihenfolge und unter bestimmten Bedingungen durchgeführt werden. Die wirksamste Vorgehensweise besteht darin, zuerst eine Entleerung an der Wade, dann am Oberschenkel zu bewirken, ohne die Kompression der tiefen Beinvenen zu verringern. In einer ersten Phase wird das Venenblut durch Kontraktion der Beinmuskeln in Richtung Oberschenkel gedrückt. In einer zweiten Phase drückt die Kontraktion der Oberschenkelmuskeln das Blut nach oben, vorausgesetzt jedoch, dass die Wadenmuskeln kontrahiert bleiben, um den Blutrückstrom zu blockieren.

Durchführung einer Behandlung Veneninsuffizienz mit Ödem

1

Wir arbeiten im **Monopolarmodus** und im Modus **Versetzte Kontraktionen**. D.h., nur die Kanäle 1 und 2 beginnen, eine tetanische Kontraktion zu erzeugen, die Kanäle 3 und 4 befinden sich im Ruhezustand. Nach 3 s tetanischer Kontraktion über die Kanäle 1 und 2 beginnt erst die Kontraktion über die Kanäle 3 und 4, während die durch die Kanäle 1 und 2 ausgelöste Kontraktion anhält. Nach 3 s gleichzeitiger Kontraktion auf den vier Kanälen schließt sich auf den vier Kanälen eine komplette Ruhephase von 20 s an. Es ist daher wichtig, die Kanäle korrekt auf den Muskeln anzubringen. Kanal 1 und 2 für die Waden, Kanal 3 und 4 für die Oberschenkel; keinesfalls umgekehrt!

• **Für die Wade** (Kanal 1 und 2): eine große indifferente (negative) Elektrode wird transversal unter der Kniekehle und zwei kleine aktive positive Elektroden werden

unter dem Fibulaköpfchen sowie am unteren Rand der Kniekehle angebracht.

• **Für den Quadrizeps** (Kanal 3): eine große aktive Elektrode wird transversal auf dem unteren Drittel des Quadrizeps, eine große negative Elektrode wird proximal am Oberschenkel angebracht.

• **Für die ischiokruralen Muskeln** (Kanal 4): eine große aktive Elektrode wird transversal in Höhe des unteren Drittels der ischiokruralen Muskeln, eine große negative Elektrode wird transversal in Höhe des oberen Drittels der ischiokruralen Muskeln angebracht.

2

Wir verwenden **biphasisch kompensierte, symmetrische Impulse**, da bei einer bestimmten elektrischen Intensität mit dieser Impulsart eine maximale räumliche Beanspruchung erzielt wird, d.h. die Höchstzahl motorischer Einheiten wird aktiviert und die Wirkung ist daher höher.

3

Damit der Patient sich so wohl wie möglich fühlt, wählen wir Impulsbreiten, die den **Chronaxien der Bewegungsnerven der unteren Extremitäten** entsprechen. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **M-SCAN** festgelegt werden.

4

Diese Impulse werden so gesendet, dass tetanische Kontraktionen entstehen, um zunächst die tiefen Waden- und anschließend die Oberschenkelvenen zu leeren, wobei die tetanische Kontraktion der Beine erhalten wird. Die tetanischen Kontraktionen dauern insgesamt 6 s an den Waden, 3 s an den Oberschenkeln und werden mit einer Frequenz von 50 Hz durchgeführt. Die Ruhephasen zwischen den Kontraktionen sind vollständig und dauern 20 s.

5

Stellen Sie die **Stimulationsenergie** auf den Kanälen 1 und 2 höher ein als auf den Kanälen 3 und 4.

6

Lagern Sie den Patienten bequem.

Parameter des Programms Veneninsuffizienz mit Ödem

	1. Kontraktion	2. Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	50 Hz	50 Hz	5 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1,5 s	0 s
Dauer der Phase	6 s	3 s	19 s
Dauer des Abfalls	0 s	1,5 s	0 s

Arterieninsuffizienz

Dieses Kapitel beschränkt sich auf die Arterieninsuffizienz der unteren Extremitäten. Bluthochdruck, Nikotinsucht, Cholesterin und Diabetes gehören zu den Hauptursachen einer progressiven Schädigung der Arterienwände (Arteriosklerose). Diese manifestiert sich in einer Arterienstenose, die eine Abnahme des Blutflusses nach den verengten Arterien bewirkt. Die weniger gut durchbluteten Gewebe schmerzen und leiden an Sauerstoffmangel, um so mehr als der Arterieninnendurchmesser verengt ist und eine intensivere Aktivität mehr Sauerstoff benötigt.

Klassischerweise werden vier klinische Stadien der Arterieninsuffizienz der unteren Extremitäten unterschieden. Diese vier Stadien (I, II, III, IV) werden nach dem Schweregrad der Abnahme des Blutflusses und der Auswirkungen auf das Gewebe eingeteilt.

Stadium I ist asymptomatisch. Bei einer klinischen Untersuchung ist ein Arteriengeräusch zu hören, das auf eine Verengung hinweist, aber der Patient hat keine Beschwerden.

Stadium II ist charakterisiert durch Schmerzen im Bein beim Gehen. Im Ruhezustand ist der Blutfluss ausreichend, bei Anstrengung entspricht er nicht mehr den Anforderungen des Gewebes: Der Patient leidet an Claudicatio intermittens (intermittierendes Hinken - Schaufensterkrankheit). Die Schmerzen treten nach dem Gehen einer bestimmten Wegstrecke auf, die bei zunehmender Schwere der Erkrankung immer kürzer wird. Dieser Schmerz zwingt den Patienten stehen zu bleiben. Nach einer bestimmten Erholungszeit klingen die Schmerzen ab, und der Patient kann wieder weitergehen, bis der Schmerzzyklus wieder beginnt.

Stadium III ist charakterisiert durch Schmerzen im Ruhezustand. Die Blutzufuhr ist derart eingeschränkt, dass das Gewebe ständig an Sauerstoffmangel leidet. Saure Stoffwechselschlacken sind permanent vorhanden.

Stadium IV ist charakterisiert durch derart fortgeschrittene Schmerzen, dass eine Gewebenekrose mit Gangrän entsteht. Man spricht von einer ischämischen Nekrose, die häufig zur Amputation führt.

Nur die Stadien II und III kommen für eine Behandlung mit Elektrostimulation in Frage. Stadium IV ist ein Notfall, in dem eine chirurgische Behandlung erforderlich ist. Stadium I ist asymptomatisch, und der Patient ist beschwerdefrei.

Bei Claudicatio intermittens (Stadium II) leiden die Muskelfasern bei Anstrengung unter Sauerstoffmangel. Der Sauerstoffbedarf der Muskeln, der beim Gehen ansteigt, kann von den stenosierten Arterien nicht mehr gewährleistet werden. Durch die chronische Blutflussabnahme und den Sauerstoffmangel kommt es zu einer Atrophie der Kapillare und einem Verlust der Sauerstoffkapazität der Muskelfasern. Sie verwenden den wenigen Sauerstoff, den sie erhalten, immer schlechter. Das Problem ist zweifacher Art: wenig Sauerstoffzufuhr und schlechte Sauerstoffnutzung. Zahlreiche Arbeiten haben erwiesen, dass die Stimulation mit einer tiefen Frequenz eine Entwicklung der oxidativen Enzyme und der Mitochondrien fördert. Hudlicka hat ebenfalls aufgezeigt, dass diese Erhöhung der oxidativen Kapazität auch bei der Stimulation ischämischer Muskeln erfolgt.

Die Elektrostimulation ermöglicht es daher, die Toleranz der Muskelfasern gegenüber Anstrengung bei Arterieninsuffizienz zu verbessern und somit das Gehvermögen der Patienten mit Schaufensterkrankheit zu erhöhen.

Dieselbe positive Wirkung kann dank der Elektrostimulation mit einer tiefen Frequenz bei Arterieninsuffizienz im dritten Stadium erzielt werden. In diesem Fall sind angesichts der stärkeren Abnahme des Arterieninnendurchmessers schwächere Stimulationsfrequenzen als bei Claudicatio intermittens anzuwenden (siehe unten).

Durchführung einer Behandlung Arterieninsuffizienz Stadium II

1 Wir arbeiten im **monopolar**. Eine große indifferente (negative) Elektrode wird transversal unter der Kniekehle und zwei kleine aktive positive Elektroden werden unter dem Fibulaköpfchen sowie am unteren Rand der Kniekehle angebracht. Diese Anordnung der Elektroden ermöglicht eine globale Arbeit der Beinmuskeln und somit eine Verbesserung aller dieser Muskeln bei Anstrengung.

2 Wir verwenden **biphasisch kompensierte, symmetrische Impulse**, da bei einer bestimmten elektrischen Intensität mit dieser Impulsart eine maximale räumliche

Parameter des Programms Arterieninsuffizienz Stadium II

	1. Sequenz	2. Sequenz
Frequenz	9 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1 s	1 s
Dauer der Phase	15 s	15 s
Dauer des Abfalls	1 s	1 s

Um eine Behandlung Arterieninsuffizienz Stadium III durchzuführen, werden die gleichen Schritte vorgenommen wie im Stadium II Punkte 1. 2. 3. 5. und 6., wobei ein an die schwerere Betroffenheit der Arterien angepasstes Programm angewandt wird:

Beanspruchung erzielt wird, d.h. die Höchstzahl motorischer Einheiten wird aktiviert und die Wirkung ist daher höher.

3 Damit der Patient sich so wohl wie möglich fühlt, wählen wir Impulsbreiten, die der **Chronaxie der Peronäusnerven** entsprechen. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

4 Diese Impulse werden so gesendet, dass eine **maximale Aktivität mit einer tiefen Frequenz erzeugt wird (9 Hz)**, ohne eine Tetanisierung hervorzurufen, die den Blutfluss noch herabsetzen würde. Da die Muskelfasern bei Anstrengung eine mangelnde Sauerstoffzufuhr haben, ist die Arbeit bei 9 Hz mit schwächeren Phasen von 3 Hz abzuwechseln, um eine schnelle Ermüdung zu vermeiden. Die Dauer dieses Programms beträgt 14 Minuten.

5 Stellen Sie die **Stimulationsenergie** auf das höchste erträgliche Niveau ein, um eine maximale räumliche Beanspruchung der Fasern zu erzielen und damit den Trainingseffekt auf eine möglichst große Anzahl von Muskelfasern auszudehnen.

6 Lagern Sie den Patienten bequem.

7 Die Impulse werden so gesendet, dass eine **maximale Aktivität mit einer tiefen Frequenz erzeugt wird (7Hz)**, unter Berücksichtigung der höheren Ermüdbarkeit der Muskelfasern aufgrund des chronischen Sauerstoffmangels. Da die ischämischen Muskelfasern gegenüber Anstrengung nicht sehr widerstandsfähig sind und schnell stark ermüden, ist die Arbeit mit 7 Hz mit schwächeren Phasen von 2 Hz abzuwechseln.

Parameter des Programms Arterieninsuffizienz Stadium III

	1. Sequenz	2. Sequenz
Frequenz	7 Hz	2 Hz
Dauer des Anstiegs	1 s	1 s
Dauer der Phase	15 s	15 s
Dauer des Abfalls	1 s	1 s

Krampfvorbeugung

Viele Menschen leiden unter Wadenkrämpfen, die spontan in Ruhe während der Nacht oder nach einer ausgedehnten Muskelanstrengung auftreten können. Diese Krampferscheinungen können teilweise die Folge eines Ungleichgewichts des Blutkreislaufs in den Muskeln sein. Verlangsamung des Zellaustauschs und des Blutkreislaufs.

Um den Blutkreislauf zu verbessern und den Krämpfen vorzubeugen, besitzt der Compex ein spezifisches Stimulationsprogramm. Dieses Programm besteht aus zwei verschiedenen Sequenzen: einer mit 8 Hz zur Steigerung des Blutflusses und der Entwicklung der Blutgefäße und einer zweiten mit 3 Hz, die den Muskeltonus senkt und dafür sorgt, dass sich der Patient wohl fühlt. Die Dauer dieses Programms beträgt 40 Minuten.

Um dem Auftreten von Krämpfen vorzubeugen, gehen wir folgendermaßen vor:

1 Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, indifferente (negative) und eine kleine (positive) Elektrode werden in der Nähe des motorischen Reizpunkts auf dem zu stimulierenden Muskel angebracht.

2 Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Stromimpulse**, da mit dieser Stromform bei einer bestimmten Stromstärke ein maximales Muskelvolumen bzw. die größtmögliche Anzahl von Muskelfasern aktiviert werden kann.

3 Wir wählen die Impulsbreite, die der **Chronaxie des motorischen Nervs des zu stimulierenden Muskels** entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Komfort zu bieten. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

Parameter des Programms Krampfvorbeugung

	1. Phase	2. Phase
Frequenz	8 Hz	3 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	8 s	2 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	1,5 s

Kapillarisation

Tierversuche und entsprechende Biopsien haben deutlich gemacht, dass die Anwendung von sehr niedrigen Stimulationsfrequenzen die Zahl der die Muskelfasern umgebenden Kapillargefäße erhöht. Mit zwei zwanzigminütigen Stimulationssitzungen täglich tritt diese Erhöhung der Zahl der Kapillargefäße nach vier bis acht Tagen auf.

Von besonderem Interesse ist der Umstand, dass die Kapillarisation zuerst und vorzugsweise um die schnellen Muskelfasern herum erfolgt. Das ist das Gegenteil dessen, was bei einem willentlichen Ausdauertraining erfolgt, bei dem die Kapillarisation vor allem um die langsamen Fasern herum erfolgt. Diese, dank der Stimulation mit tiefer Frequenz, stärker um die schnellen Muskelfasern herum ausgeprägte Kapillarisation erklärt sich dadurch, dass eine solche niederfrequente Arbeit bei den schnellen Muskelfasern ungewöhnlich ist. Bei willentlichen Kontraktionen lösen diese ihre Aktivität nicht unter 30 Hz aus. Bei dieser Frequenz geht die tetanische Kontraktion des Muskels mit einer Abnahme des Blutflusses einher. Wird der Muskel dagegen mit sehr niedrigen Frequenzen stimuliert, gehen die separaten Kontraktionen mit einer deutlichen Zunahme des Blutflusses im Muskel einher und alle aktiven, schnellen oder langsamen, Muskelfasern arbeiten mit der durch die Stimulation erzeugten Frequenz.

Diese Erhöhung der Zahl der Kapillare um die schnellen Muskelfasern herum bietet eine größere Oberfläche für den Austausch und die Verteilung von Sauerstoff und Metaboliten. Die Rephosphorylierung von Adenosindiphosphat in Adenosintriphosphat bzw. von Kreatinin in Phosphokreatinin erfolgt also schneller. Diese Kapillarisation ermöglicht daher, bei einer bestimmten Anstrengung einen höheren Phosphokreatininwert und eine geringere Laktatproduktion zu erzielen. Die Stimulation mit tiefer Frequenz, die die Kapillarisation um die schnellen Muskelfasern herum fördert, macht diese

Muskelfasern widerstandsfähiger gegen Ermüdung.

Die Arbeiten am Tier haben gezeigt, dass der für die Kapillarisation verantwortliche Faktor die Erhöhung des Blutflusses ist, der während der Stimulation erzeugt wird. Die mit der Erhöhung des Blutflusses durch die Stimulation verbundene mechanische Wirkung bewirkt die Entwicklung der Kapillargefäße. Je ausgeprägter die Erhöhung des Blutflusses während der Stimulation ist, desto deutlicher und schneller wird die Entwicklung der Kapillare sein. Daher wurde für das Programm **Kapillarisation** die Frequenz von 8 Hz gewählt, da Durchflussmessungen ergeben haben, dass bei dieser Frequenz eine maximale Erhöhung des Blutflusses erzielt wird.

Entwicklung der Kapillare

1

Wir arbeiten im **monopolar**. Eine große indifferente Elektrode und eine kleinere aktive positive Elektrode werden am motorischen Reizpunkt des zu stimulierenden Muskels angebracht.

2

Wir verwenden **biphasisch kompensierte symmetrische Impulse**, da bei einer bestimmten elektrischen Intensität mit dieser Impulsart eine maximale räumliche Beanspruchung erzielt wird, d.h. die Höchstzahl motorischer Einheiten wird aktiviert und die Wirkung ist daher höher.

3

Damit der Patient sich so wohl wie möglich fühlt, wählen wir Impulsbreiten, die der **Chronaxie der Bewegungsnerve** der zu stimulierenden Muskeln entsprechen. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

Parameter des Programms Kapillarisation

	Dauer des Anstiegs	Behandlungsphase	Dauer des Abfalls	Frequenz
Programm Kapillarisation	1,5 s	25 mn	1,5 s	8 Hz

SPEZIFISCHE PROGRAMME

Agonist - Antagonist

Die Programme **Agonist/Antagonist** bestehen aus abwechselnden Kontraktionen, die von den Kanälen 1 und 2 und anschließend von den Kanälen 3 und 4 gesteuert werden. Dadurch erreicht man zunächst eine Kontraktion der von den Kanälen 1 und 2 stimulierten Muskeln, und sobald diese Kontraktion beendet ist erfolgt eine Kontraktion der von den Kanälen 3 und 4 stimulierten Muskeln. Diese abwechselnden Kontraktionen mit zwei Kanälen und anschließend den beiden anderen Kanälen erfolgt über die gesamte Dauer der Behandlung.

Sinn der Programme **Agonist/Antagonist** ist es, ein dynamisches Arbeiten zu ermöglichen, indem ein Gliedsegment in einer Richtung mobilisiert wird und dann in eine andere und mit der Gelenkamplitude zu arbeiten.

Die Stimulation eines Muskels bewirkt eine Verringerung des Tonus des Antagonisten durch einen reziproken inhibitorischen Reflex.

Denn:

Neuromuskuläre Spindeln gehen von den afferenten propriozeptiven Nervenfasern ab, die sich einerseits direkt mit den α -Motoneuronen ihres Muskels und andererseits indirekt (über ein Interneuron) mit den Motoneuronen des Antagonisten artikulieren. Die Streckung eines Muskels stimuliert die afferenten propriozeptiven Nervenfasern der neuromuskulären Spindeln, und diese aktivieren zum einen auf monosynaptischem Weg die Motoneuronen ihres Muskels (Muskeldehnungsreflex) und zum anderen über ein Interneuron die Motoneuronen des Antagonisten (reziproker inhibitorischer Reflex). Die Elektrostimulation eines Muskels erregt nicht nur die Motoneuronen dieses Muskels, sondern auch - und sogar noch leichter - die afferenten propriozeptiven Fasern dieses Muskels. Die Erregung dieser Fasern aktiviert zum einen die α -Motoneuronen dieses Muskels und inhibiert zum anderen die Motoneuronen des Antagonisten (reziproker inhibitorischer Reflex). Dieser letzte Punkt wird in den

Programmen **Agonist/Antagonist** genutzt: **Die Elektrostimulation eines Muskels bewirkt nicht nur seine Kontraktion, sondern hat auch eine Verringerung des Tonus des Antagonisten über den reziproken inhibitorischen Reflex zur Folge.**

Dieses Phänomen der Inhibition der α -Motoneuronen durch die Elektrostimulation ist in der Elektromyographie eindeutig nachgewiesen. So wird die H-Reaktion (Hoffman-Reflex) eines Muskels, die durch einen Reiz bewirkt wird, in ihrer Amplitude verringert, wenn der motorische Nerv des Antagonisten stimuliert wird. [Waters R. J Bone Joint Surg Am 57: 1047-54, 1975]

Es gibt vier Programme **Agonist/Antagonist**:

Amyotrophie-Behandlung und Muskelkräftigung mit **Kontraktionen gleicher Dauer beim Agonisten und beim Antagonisten**.

- 1: Agonist/Antagonist 1/1 - Amyotrophie-Behandlung
- 2: Agonist/Antagonist 1/1 - Muskelkräftigung

Amyotrophie-Behandlung und Muskelkräftigung mit **Kontraktionen doppelter Dauer beim Agonisten gegenüber dem Antagonisten oder umgekehrt**.

- 3: Agonist/Antagonist 2/1 - Amyotrophie-Behandlung
- 4: Agonist/Antagonist 2/1 - Muskelkräftigung

Abgesehen von den Aspekten, die dem System Agonist-Antagonist eigen sind, erfolgt die Programmierung nach den aus der Physiologie der Muskelkontraktion abgeleiteten Prinzipien, die in den Kapiteln über die Amyotrophie-Behandlung und die Muskelstärkung beschrieben werden.

Wie üblich bei der Elektrostimulation gehen wir folgendermaßen vor:

1

Wir arbeiten **monopolar**, mit einer großen indifferenten Elektrode und einer kleineren Elektrode mit positiver Polarität, die am Reizpunkt des zu stimulierenden Muskels angelegt wird.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, denn bei einer gegebenen Stromstärke lässt sich mit dieser Impulsart eine maximale räumliche Beanspruchung erzielen, d.h. eine größtmögliche Anzahl von motorischen Einheiten wird aktiviert.

3

Wir verwenden eine Impulsdauer, die der **Chronaxie der motorischen Nervenfasern** der zu stimulierenden Muskeln entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Wohlbefinden zu bieten. Im Rahmen der

Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **M-SCAN** festgelegt werden.

4

Wir wenden die **Frequenzen zur Tetanisierung von Fasern vom Typ I** für die Amyotrophie-Behandlung und die **Frequenzen der Tetanisierung von Fasern vom Typ II** für die Stärkung der Muskulatur an.

5

Stellen Sie die **maximal erträgliche Energie** ein. Die erste und zweite Sitzung dienen der Gewöhnung des Patienten an die Methode, indem die Energie alle 3 bis 4 Kontraktionen gesteigert wird (der Patient ist in der Regel in der Lage, eine deutlich höhere Energie zu ertragen, als er zunächst angibt). Der Therapeut spielt dabei eine wichtige Rolle, indem er motivierend auf den Patienten einwirkt und ihn zur aktiven Arbeit mit den bestmöglichen Kontraktionen anhält.

Parameter des Programms Agonist/Antagonist 2/1 Muskelatrophie

	PHASE 1 AGONIST	PHASE 1 ANTAGO	PHASE 2 AGONIST	PHASE 2 ANTAGO
Frequenz	35 Hz	0 Hz	0 Hz	35 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	0 s	0 s	1,5 s
Dauer der Phase	6 s	6 s	6 s	6 s
Dauer des Abfalls	0,75 s	0 s	0 s	0,75 s

Parameter des Programms Agonist/Antagonist 2/1 Muskelkräftigung

	PHASE 1 AGONIST	PHASE 1 ANTAGO	PHASE 2 AGONIST	PHASE 2 ANTAGO
Frequenz	70 Hz	4 Hz	4 Hz	75 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	0,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	4 s	3 s	3 s	4 s
Dauer des Abfalls	0,75 s	0,5 s	0,5 s	0,75 s

Parameter des Programms Agonist/Antagonist 2/1 Muskelatrophie

	PHASE 1 AGONIST	PHASE 1 ANTAGONIST	PHASE 2 AGONIST	PHASE 2 ANTAGONIST
Frequenz	35 Hz	0 Hz	0 Hz	35 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	0,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	8 s	8 s	4 s	4 s
Dauer des Abfalls	0,75 s	0 s	0 s	0,75 s

Parameter des Programms Agonist/Antagonist 2/1 Muskelkräftigung

	PHASE 1 AGONIST	PHASE 1 ANTAGONIST	PHASE 2 AGONIST	PHASE 2 ANTAGONIST
Frequenz	70 Hz	4 Hz	4 Hz	75 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	0,5 s	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	6 s	4 s	3 s	3 s
Dauer des Abfalls	0,75 s	0,5 s	0,5 s	0,75 s

Harninkontinenz

1 STRESSINKONTINENZ [stress incontinence]

Dieses Programm hat zum Ziel, den Schließmuskel der Blase zu kräftigen. Es zielt somit darauf ab, tetanische Kontraktionen des paraurethralen Teils der quergestreiften Muskulatur des Beckenbodens mittels optimaler Frequenzen zur Tetanisierung der schnell leitenden Nervenfasern hervorzurufen.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **bipolar mit einer Vaginalelektrode**. Aufgrund der Beschaffenheit einer Elektrode dieses Typs

ist es nicht möglich, eine Reizelektrode auf den Reizpunkt zu platzieren.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, um eine größtmögliche räumliche Beanspruchung bei einer gegebenen Stromstärke zu erzielen. Je höher räumliche Beanspruchung des Muskels ist umso wirkungsvoller ist die Stimulation.

3

Wir wählen eine Impulsintensität von der Größenordnung der **Chronaxie der Motoneuronen des inneren Nervus pudendus**, d.h. 250 µs.

4

Wir wenden eine **optimale Frequenz zur Tetanisierung der schnell leitenden Nervenfasern (IIB)** an, also der Fasern der Kraft und der Geschwindigkeit.

5

Verwenden Sie die von der Patientin **maximale ertragene Energie** um eine größtmögliche

räumliche Beanspruchung zu erreichen. Die Intensität sollte während der Sitzung regelmäßig alle 3 oder 4 Kontraktionen erhöht werden. Der Therapeut spielt eine entscheidende Rolle, indem er die Patientin beruhigt und sie dazu veranlasst, mit den stärkstmöglichen Kontraktionen zu arbeiten. Die Dauer dieses Programms beträgt 20 Minuten.

Parameter des Programms Stressinkontinenz

	Kontraktion	Erholung
Frequenz	75 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	0 s
Dauer der Phase	4 s	12 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	0 s

2 DRANGINKONTINENZ

Die Behandlung besteht in der Reduzierung der Aktivität des M. detrusor durch die Stimulation eines inhibitorischen Reflexes, der von den sensiblen Nervenendigungen der Dammregion ausgeht.

Es müssen die elektrischen Parameter bestimmt werden, um diese afferenten markreichen Nervenfasern mit einer Frequenz zu erregen, die zur optimalen Aktivierung des inhibitorischen Reflexes führt.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **bipolar mit einer Vaginalelektrode**, weil die sensiblen Fasern so beschaffen sind, dass kein Reizpunkt in Betracht gezogen werden kann.

Parameter des Programms Dranginkontinenz

	Dauer des Anstiegs	Behandlungsphase	Dauer des Abfalls	Frequenz
Dranginkontinenz	1,5 s	30 min	1,5 s	5 Hz

3 MIXED INKONTINENZ

Dieses Programm behandelt gleichzeitig beide Aspekte dieser Form der Inkontinenz. Zum einen kräftigt es den paraurethralen Teil der quergestreiften Muskulatur des Beckenbodens durch tetanische Kontraktionen mit der Frequenz

der schnell leitenden Fasern (75 Hz) und erhöht dadurch den urethralen Schließdruck. Zum anderen hemmt es während der Ruhephasen zwischen den Kontraktionen durch sehr niedrige Frequenzen (5 Hz) die Aktivität der glatten Muskulatur der Blase.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, weil es dieser Impulstyp kombiniert mit dem bipolaren Verfahren ermöglicht, die in der Nähe der beiden Elektroden befindlichen afferenten markreichen Nervenfasern gleichzeitig zu erregen.

3

Wir wählen eine Impulsintensität von der Größenordnung der **Chronaxie der zu erregenden Fasern**, nämlich 150 µs.

4

Wir wenden Impulse mit einer **Frequenz von 5 Hz** an, die auf sympathischem und zentralem Weg die stärkste Inhibition des M. detrusor bewirkt.

5

Verwenden Sie ein Energieniveau, das **dem dreifachen Wert der Wahrnehmungsschwelle entspricht**. Die Dauer dieses Programms beträgt 30 Minuten.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **bipolar mit einer Vaginalelektrode**. Aufgrund der Beschaffenheit einer Elektrode dieses Typs ist es nicht möglich, auf einen Reizpunkt einzuwirken.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, um während der tetanischen Kontraktionen eine größtmögliche räumliche Beanspruchung bei einer gegebenen Stromstärke zu erzielen.

3

Wir wählen eine Impulsintensität, die sich der **Chronaxie des N. pudendus internus** annähert, aber den Empfindungsaspekten Rechnung trägt, d.h. 250 µs für tetanische Kontraktionen und 150 µs für die Impulse sehr niedriger Frequenz zur Inhibition des M. detrusor zwischen den tetanischen Kontraktionen.

Parameter des Programms Mixed Inkontinenz

	Erholungsphase	Kontraktionsphase
Frequenz	5 Hz	75 Hz
Dauer des Anstiegs	0,5 s	1,5 s
Dauer der Phase	23 s	4 s
Dauer des Abfalls	0,5 s	0,75 s

4 PRÄVENTION POST PARTUM

Die Geburt stellt für die Beckenregion ein erhebliches Trauma dar. Die Folgen dieses Traumas haben vielfältige Aspekte: Muskelverlängerung, Muskelriss, partielle Denervation, Verlust des Körperschemas, Kraftverlust und Verlust der Kontrolle über die quergestreifte Muskulatur des Beckenbodens etc. Die Inkontinenz ist eine relativ häufige Folge dieser Situation. Aus diesem Grund ist eine präventive Behandlung zur postpartalen Beckengymnastik durch neuromuskuläre Elektrostimulation indiziert.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **bipolar mit einer Vaginalelektrode**. Aufgrund der Beschaffenheit einer Elektrode dieses Typs ist es nicht möglich, eine Reizelektrode auf dem Reizpunkt anzulegen.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, um eine

4

Während der tetanischen Kontraktionen verwenden wir die **Frequenzen der Tetanisierung der schnell leitenden Fasern (75 Hz)** und zwischen diesen Kontraktionen eine **sehr niedrige Frequenz (5 Hz)** zur Hemmung des M. detrusor.

5

Verwenden Sie die vom Patienten maximal ertragene **Energie** während der Phasen der tetanischen Kontraktion, um eine größtmögliche räumliche Beanspruchung und somit eine größtmögliche Effizienz zu gewährleisten. Die Energie sollte während der Sitzung regelmäßig alle 3 oder 4 Kontraktionen erhöht werden. Während der Ruhephasen sollte die Energie der niederen Frequenz auf einen Wert von etwa der dreifachen Wahrnehmungsschwelle eingestellt werden. Die Dauer dieses Programms beträgt 30 Minuten.

größtmögliche räumliche Beanspruchung bei einer gegebenen Stromstärke zu erzielen.

3

Wir wählen eine Impulsintensität von der Größenordnung der **Chronaxie der Motoneuronen des inneren Nervus pudendus**, nämlich 250 µs.

4

Wir verwenden eine **mittlere Tetanisierungsfrequenz**, die zu maximaler Kontraktionskraft und maximalem Wohlbefinden führt.

5

Verwenden Sie die von der Patientin **maximal ertragene Energie** während der Phasen der tetanischen Kontraktion, um eine größtmögliche räumliche Beanspruchung und somit eine größtmögliche Effizienz zu gewährleisten. Die Energie sollte während der Sitzung regelmäßig alle 3 oder 4 Kontraktionen erhöht werden. Die Dauer dieses Programms beträgt 21 Minuten.

Parameter des Programms Prävention Post Partum

	Kontraktion	Erholung
Frequenz	50 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	1,5 s	0 s
Dauer der Phase	5 s	10 s
Dauer des Abfalls	0,75 s	0 s

Programme für Hämophilie

1 EINFÜHRUNG

Die Bluterkrankheit (Hämophilie) ist eine angeborene Erkrankung, die durch einen Mangel des durch das X-Chromosom getragenen Blutgerinnungsfaktors gekennzeichnet ist. Die an Hämophilie leidenden Patienten sind von einem echten hämorrhagischen Syndrom unterschiedlicher Intensität betroffen, das durch Hämarthrosen (intraartikuläre Blutungen) und muskuläre Hämatome charakterisiert ist.

Die Hämarthrosen sind verantwortlich für Muskelatrophie aufgrund von inhibitorischen Reflexen und des Fehlens willentlicher Aktivitäten. Diese Atrophie hat eine Verschlechterung des Schutzes des Gelenks zur Folge, das daraufhin verstärkt Hämarthrosenrückfällen ausgesetzt ist; es kommt zu einem echten Teufelskreis.

Die neuromuskuläre Elektrostimulation ist eine sehr gut geeignete Methode zur Behandlung der Amyotrophie und zur Stärkung der Muskulatur von Bluterkranken. Aufgrund des Risikos der Hämorrhagie können jedoch nicht die herkömmlichen Programme angewendet werden.

Tests mit einem Dehnungsmessgerät und isokinetischen Instrumenten haben es ermöglicht, Parameter für die Stimulation festzulegen, bei der Kontraktionen mit sehr progressiv ansteigender Spannung bewirkt werden. Durch das Vermeiden eines plötzlichen Einsetzens der Spannung und von Spannungsspitzen ist es somit möglich, das Risiko von Blutungen sowohl bei den Muskelfasern als auch beim Knochen- und Sehngewebe zu minimieren. Bei diesen Programmen werden immer Frequenzen von über 25 Hz und eine Anstiegsdauer der Spannung über mindestens 4,5 Minuten angewendet.

Die so entwickelten Programme wurden erfolgreich an einer Gruppe von Bluterkranken getestet, die freiwillig an diesen Tests teilgenommen haben.

2 BEHANDLUNG DER AMYOTROPHIE

Vom histologischen Standpunkt aus betrachtet ist die funktionelle Amyotrophie bei Blutern und Nicht-Blutern identisch.

Von diesem Phänomen der Amyotrophie sind die verschiedenen Muskelfasern nicht in gleicher Weise berührt. Vor allem die langsam leitenden Fasern (Typ I) sind von der Amyotrophie betroffen. Es ist daher logisch, die Frequenzen der Tetanisierung der Fasern vom Typ I zu verwenden, wenn man mittels tetanisierender Reizströme einen amyotrophen Muskel einer stärkeren Belastung aussetzen will, um sein Volumen wiederherzustellen.

Es scheint auch logisch, die Menge der dem Muskel auferlegten Arbeit nach einigen Trainingssitzungen zu steigern (im Allgemeinen nach einer Woche).

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar** mit einer großen indifferenten Elektrode und einer kleineren differentiellen Elektrode mit positiver Polarität, die in Höhe des Reizpunktes des Muskels angelegt wird, der stimuliert werden soll.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, denn bei einer gegebenen Stromstärke lässt sich mit dieser Impulsart eine maximale räumliche Beanspruchung erzielen, d.h. eine größtmögliche Anzahl von motorischen Einheiten wird aktiviert.

3

Wir wählen eine Impulsbreite, die der **Chronaxie der motorischen Nervenfasern der zu stimulierenden Muskeln** entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Wohlbefinden zu bieten. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar.

4

Wir verwenden **Frequenzen der Tetanisierung der Fasern vom Typ I**, wie sie in der Literatur beschrieben werden, um eine maximale Kontraktionskraft zu erzielen.

5

Stellen Sie die maximal erträgliche Energie ein. Die erste und zweite Sitzung dienen der Gewöhnung des Patienten an die Methode, indem die Energie alle 3 bis 4 Kontraktionen gesteigert wird (der Patient ist in der Regel in

der Lage, eine deutlich höhere Energie zu ertragen, als er zunächst angibt, eine entsprechende Motivation des Patienten ist daher sehr entscheidend). Nur so erreicht man ein effizientes Behandlungsniveau.

Um die Behandlung an den Fortschritt des jeweiligen Patienten anzupassen, steht ein Programm für die ersten beiden Wochen und ein weiteres für die folgenden Wochen zur Verfügung.

Parameter des Programms Muskelatrophie Stufe 1 (Hämophilie)

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	40 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	6 s	0 s
Dauer der Phase	3 s	10 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	0 s

Parameter des Programms Muskelatrophie Stufe 2 (Hämophilie)

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	45 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	6 s	0 s
Dauer der Phase	5 s	9 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	0 s

3 MUSKELKRÄFTIGUNG

Unter Stärkung verstehen wir die Steigerung der Kraft eines Muskels, der ein zufriedenstellendes Volumen wiedererlangt hat. Daher werden die Programme zur Stärkung erst nach der Durchführung der Programme zur Behandlung der Amyotrophie für den Bluterpatienten angewendet.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**, mit einer großen, indifferenten Elektrode und einer kleineren, differentiellen Elektrode mit positiver Polarität, die in Höhe des Reizpunktes des Muskels angelegt wird, der stimuliert werden soll.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch**

kompensierte Impulse, um eine größtmögliche räumliche Beanspruchung bei einer gegebenen Stromstärke zu erzielen.

3

Wir verwenden eine Impulsdauer, die der **Chronaxie der motorischen Nervenfasern der zu stimulierenden Muskeln** entspricht, um dem Patienten ein Optimum an Wohlbefinden zu bieten. Im Rahmen der Standardprogramme für Bluter sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar.

4

Wir wenden **Tetanisierungsfrequenzen für die schnellleitenden Fasern vom Typ IIb** also die Fasern der Kraft und der Geschwindigkeit an.

5

Stellen Sie die **maximal erträgliche Energie** ein. Die erste und zweite Sitzung dienen der Gewöhnung des Patienten an die Methode, indem die Energie alle 3 bis 4 Kontraktionen gesteigert wird (der Patient ist in der Regel in der Lage, eine deutlich höhere Energie zu ertragen, als er zunächst angibt). Der Therapeut spielt dabei eine wichtige Rolle,

indem er motivierend auf den Patienten einwirkt und ihn zur aktiven Arbeit mit den bestmöglichen Kontraktionen anhält.

Um die Behandlung an den Fortschritt des jeweiligen Patienten anzupassen, steht ein Programm für die ersten beiden Wochen und ein weiteres für die folgenden Wochen zur Verfügung.

Parameter des Programms Muskelkräftigung Stufe 1 (Hämophilie)

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	70 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	6 s	0 s
Dauer der Phase	3 s	15 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	0 s

Parameter des Programms Muskelkräftigung Stufe 2 (Hämophilie)

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	80 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	6 s	0 s
Dauer der Phase	3 s	15 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	0 s

Hemiplegie - Spastik

1 DIE DORSALEXTENSION DES HEMIPLEGISCHEN FUSSES

Die spastische Tonuserhöhung des M. triceps surae und die mehr oder weniger unvollständig- bzw. vollständig gelähmter Fußextensoren (M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus und hallucis longus) haben zur Folge, dass der Fuß des hemiplegischen Patienten beim Gehen nach unten fällt. Dies kann durch eine elektrisch-induzierte tetanische Kontraktion der Fußextensoren, im Moment der Spielbeinphase des hemiplegischen Fußes, verhindert werden.

Die elektrischen Parameter der Stimulation müssen so gewählt werden, dass im gewünschtem Moment, und dies so angenehm wie möglich, eine kurze

tetanische Kontraktion der Fußextensoren, den Fall des Fußes verhindert.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, negative und eine kleine, aktive Elektrode werden in der Mitte des Nervenstammes angelegt, der die Fußextensoren innerviert.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, wobei die Intensität vorgegeben ist. Mit dieser Art von Impulsen ist die räumliche Beanspruchung maximal, d.h. eine größtmögliche Anzahl motorischer Einheiten wird aktiviert.

3

Wir wählen eine Impulsbreite, die der **Chronaxie des zu erregenden motorischen Nervs** entspricht, um dem Patienten einen optimalen Komfort zu ermöglichen. Dies entspricht im Falle des N. peroneus profundus 400 µs. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

4

Wir übertragen diese Impulse mit einer **Tetanisierungsfrequenz von 50 Hz**, was der niedrigsten Frequenz entspricht, die eine maximale Kraft entwickeln kann (Vergrößerung der Kraft durch vermehrte zeitliche Beanspruchung beginnt bei 50 Hz).

5

Wählen Sie die Energie gerade so hoch, dass die resultierende Kontraktionskraft der Fußextensoren den Fall des Fußes während des Gehens verhindert.

6

Wir arbeiten im **synchron auslösendem Modus**, um im gewünschten Moment, eine Kontraktion auslösen zu können (siehe spezielle Anwendungen).

Parameter des Programms Hemiplegischer Fuß

	Kontraktion
Frequenz	50 Hz
Dauer des Anstiegs	0,5 s
Dauer der Phase	1,5 s
Dauer des Abfalls	0,25 s

2 BEHANDLUNG DER SPASTIK

Bei verschiedenen Arten von Läsionen des ZNS, von denen die Hemiplegie das häufigste Beispiel ist, entwickelt sich eine spastische Tonuserhöhung. Der Muskeldehnungsreflex (Monosynaptischer Dehnungsreflex), der zentral nicht mehr gesteuert werden kann, wird hyperaktiv, und es entwickelt sich u.a. im Bereich der Haltemuskulatur, die reicher ist an neuromuskulären Spindeln (Flexoren der oberen Extremitäten, Extensoren der unteren Extremitäten), eine Tonuserhöhung. Die Tonuserhöhung spastischer Art wird durch eine Hyperaktivität der α-Motoneurone bestimmt, deren Hemmung eine Verringerung der Spastizität zur Folge hätte. Die dick myelinisierten, afferenten, Nervenfasern vom Typ Ia, von den neuromuskulären Spindeln des Antagonisten

zum spastischen Muskel hin, haben, durch Interneurone, eine hemmende Wirkung auf die α-Motoneurone des spastischen Muskels. So kann eine Verminderung der Spastizität erreicht werden, indem der Antagonist anstelle des spastischen Muskels über den reziproken Hemmungsreflex stimuliert wird.

Andererseits erlaubt, die Stimulation des Antagonisten, nicht nur dessen Kräftigung, sondern auch eine progressive Dehnung des spastischen Muskels, dessen Tendenz, zur Kontraktur und Verkürzung, so bekämpft werden kann.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, negative und eine kleine, aktive Elektrode werden im Bereich des motorischen Reizpunktes des Antagonisten, des Muskels angelegt, dessen Spastizität vermindert werden soll.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, wobei die Intensität vorgegeben ist. Mit dieser Art von Impulsen ist die räumliche Beanspruchung maximal, d.h. eine größtmögliche Anzahl motorischer Einheiten wird aktiviert.

3

Wir wählen eine Impulsbreite, die der **Chronaxie des zu erregenden motorischen Nervs** entspricht, um dem Patienten einen optimalen Komfort zu ermöglichen. Im Rahmen der Standardprogramme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

4

Wir verwenden die optimale **Tetanisierungsfrequenz** der Fasern, die der Frequenz entspricht, die gewöhnlich von den Autoren benutzt wird, die auf dem Gebiet der Spastizität arbeiten, und die auch für die Behandlung der relativen Atrophie der Antagonisten gegenüber der spastischen Muskeln, geeignet ist.

5

Wir programmieren einen progressiven **Intensitätsanstieg** (4,5 s), damit der Muskeldehnungsreflex im spastischen Muskel verhindert wird.

6

Wir verwenden keine zu niedrigen Frequenzen zur Erholung zwischen den tetanischen Kontraktionen, um den Dehnungsreflex im spastischen Muskel zu vermeiden.

7

Wir arbeiten im **synchron auslösenden Modus**, um vom psychologischen Gewinn des Patienten zu profitieren, der den Moment der Kontraktion kontrolliert (siehe spezielle Anwendungen).

8

Wählen Sie das Energieniveau entsprechend hoch, um eine dynamische Kontraktion bis zur

maximalen Bewegungsamplitude zu bekommen. Die Energie ist jedoch zu hoch, wenn eine beginnende Stimulation der spastischen Muskeln zu beobachten ist.

Parameter des Programms Spastizität

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	35 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	4,5 s	0 s
Dauer der Phase	5 s	5 s
Dauer des Abfalls	3 s	0 s

3 Schulter Subluxation

Die Teillähmung bzw. Lähmung des M. deltoideus, seine Kraftabnahme und Atrophie, kombiniert mit der spastischen Tonuserhöhung des M. pectoralis, haben beim hemiplegischen Patienten häufig eine Schultersubluxation zur Folge, die oft schmerzhaft ist, und die sich zu einer Versteifung hin entwickelt.

Diese Situation kann wirkungsvoll, durch Stimulation des M. deltoideus und M. supraspinatus, behandelt werden, wodurch diese Muskeln gekräftigt werden, und es kommt zu einer Verminderung der Spastizität des M. pectoralis major durch den reziproken Hemmungsreflex. Zudem hat die Stimulation eine rein analgetische Wirkung auf die Schulter, korrigiert, bzw. verhindert eine Subluxation.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

1

Wir arbeiten **monopolar**. Eine große, negative und eine kleine, aktive Elektrode werden im Bereich des motorischen Reizpunktes des zu stimulierenden Muskels angelegt.

2

Wir verwenden **zweiphasige, symmetrisch kompensierte Impulse**, wobei die Intensität vorgegeben ist. Mit dieser Art von Impulsen ist die räumliche Beanspruchung maximal, d.h. eine größtmögliche Anzahl

motorischer Einheiten wird aktiviert.

3

Wir wählen eine Impulsbreite, die sich der **Chronaxie der Motoneuronen** annähert, die den M. deltoideus und M. supraspinatus innervieren (250 µs). Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden.

4

Wir verwenden die **Tetanisierungsfrequenz der Fasern des Typs I** (unsere klinischen Daten zeigen bei 40 Hz eine effiziente Wirkung für diese Anwendung).

5

Wir programmieren einen progressiven **Intensitätsanstieg** (4,5 s), damit der Muskeldehnungsreflex, auf dem M. pectoralis major verhindert wird.

6

Wir verwenden keine zu niedrigen Frequenzen zur Erholung, zwischen den tetanischen Kontraktionen, um den Dehnungsreflex auf dem spastischen Muskel, zu vermeiden.

7

Wählen Sie das Energieniveau hoch genug, um eine kräftige Kontraktion des M. deltoideus und M. supraspinatus zu erreichen, die zu einer Schulterextension führt, ohne dass es zur Stimulation der spastischen Muskeln kommt.

Parameter des Programms Schulter Subluxation

	Kontraktion	Aktive Erholung
Frequenz	40 Hz	0 Hz
Dauer des Anstiegs	3 s	0 s
Dauer der Phase	8 s	8 s
Dauer des Abfalls	1,5 s	0 s

Figur

Eine sitzende Lebensweise ist äußerst verhängnisvoll für eine harmonische Figur, besonders dann, wenn noch eine unausgewogene Ernährung hinzukommt. Die wenig beanspruchten Muskeln verlieren ihre Qualitäten: Verminderung der Kraft, Abnahme der Spannkraft, Erschlaffung sind die Folge. Sie sind nicht mehr in der Lage, ihre Stützfunktion der Organe zu erfüllen. Der Körper wird träge, Schaffheit breitet sich aus mit ihren sichtbaren Folgen für die Figur. Des Weiteren führt die unzureichende Muskeltätigkeit zu Durchblutungsstörungen. Der zelluläre Austausch verlangsamt sich, die Speicherung der Fette nimmt zu und die stützenden Hautgewebe verlieren ihre Elastizität. Dank ihrer großen Vielfalt und ihrer hohen Spezifität bieten die **Figur** Programme allen jenen, die das Wohlfühl einer intensiven Muskelaktivität wiederfinden oder bewahren möchten, die Lösung. Diese Programme ermöglichen es, einen straffen Körper, eine wohlgeformte Figur und eine elastische Haut wiederzuerlangen.

Es sei darauf hingewiesen, dass diese Programme weder zur Vorbeugung oder Behandlung der Muskelatrophie noch zur Verstärkung der Muskulatur geeignet sind.

Die Programme:

• **Festigung:** Um die Muskeln zu festigen. Dieses Programm ist dazu bestimmt, die Muskeln in einer ersten Phase vor der intensiveren Straffungsarbeit zu kräftigen und vorzubereiten. Es soll während der ersten zwei Wochen eines Straffungszyklus angewendet werden.

• **Straffung:** Zur Wiedererlangung einer festen Muskulatur, die ihre stützende Rolle erfüllt. Dieses Programm ist als Hauptbehandlung zur Straffung der Muskeln einzusetzen.

• **Shaping:** Um die Konturen des Körpers, dessen Muskeln bereits gefestigt sind, zu definieren und zu modellieren. Benutzen Sie dieses Programm nach der Straffung.

• **Elastizität:** Um die Durchblutung und die Elastizität der Haut zu verbessern. Benutzen Sie dieses Programm als Ergänzung der **Straffung** oder **Shaping** Programme.

• **Formung:** Speziell für die Arbeit im Bereich der Taille, bei "Schwimmreifen" usw. Dieses Programm ist nach der Straffung des Bauches im Bereich der Taillenmuskulatur anzuwenden.

• **Bauch:** Kräftigt die Muskeln der Bauchwand, für eine schmalere Taille.

• **Kalorilgye:** Zur Erhöhung des Kalorienverbrauchs. Dieses Programm ist dazu bestimmt, einen maximalen Energieverbrauch während der Stimulation auszulösen. Es kann jedoch nicht für sich alleine einen für einen signifikanten Gewichtsverlust ausreichenden Verbrauch bewirken. Hingegen wird es im Rahmen einer allgemeinen Strategie zur

Gewichtsabnahme die Rolle eines sehr nützlichen Hilfsmittels übernehmen. Dieses Programm ist folglich als Ergänzung zu einer kalorienreduzierten Diät zur Verstärkung des Effektes der verminderten Kalorienzufuhr einzusetzen.

• **Adipostress:** Zur Erzeugung einer intensiven elektrischen Belastung und einer Gefäßerweiterung im Bereich von Anhäufungen von Fettzellen oder Cellulite. Dieses Programm ist in Ergänzung zu anderen Behandlungen der Cellulite anzuwenden, um den Angriff auf die Anhäufungen von Fettzellen zu verstärken.

Vorgehensweise:

1

Wir arbeiten **monopolar** mit einer großen indifferenten Elektrode und einer kleineren aktiven Elektrode mit positiver Polarität, die im Bereich des motorischen Reizpunktes des zu stimulierenden Muskels angelegt wird (siehe die Broschüre zum Anlegen der Elektroden). Mit dem **Adipostress** Programm, müssen wir jedoch bipolar arbeiten, d. h. mit den großen Elektroden die zu behandelnde Körperregion abdecken.

2

Wir verwenden **symmetrische, biphasisch kompensierte Impulse**, um jegliches Risiko von Hautverbrennungen zu vermeiden und eine maximale räumliche Beanspruchung bei einer gegebenen Stromstärke zu erzielen.

3

Um dem Patienten ein Optimum an Komfort zu bieten, wählen wir diejenige Impulsbreite, die der **Chronaxie des motorischen Nervs** des zu stimulierenden Muskels entspricht. Im Rahmen dieser Programme sind 7 verschiedene Impulsbreiten verfügbar. Die für den Patienten optimale Impulsbreite kann mit der Funktion **Mi-SCAN** festgelegt werden. Das Programm **Adipostress** folgt einer eigenen Logik. Die Impulsbreite beträgt je nach Niveau zwischen 60 µs und 100 µs.

4

Stellen Sie die **maximal erträgliche Energie** ein. Die erste und zweite Sitzung dienen der Gewöhnung des Patienten an die Methode, indem die Energie alle 3 bis 4 Kontraktionen gesteigert wird (der Patient ist in der Regel in der Lage, eine deutlich höhere Energie zu ertragen, als er zunächst angibt). Der Therapeut spielt dabei eine wichtige Rolle, indem er motivierend auf den Patienten einwirkt und ihn zur aktiven Arbeit mit den bestmöglichen Kontraktionen anhält. Dieser Aspekt ist von grundlegender Bedeutung, weil dadurch die Anzahl der beanspruchten Muskelfasern und die Effizienz der Behandlung bestimmt werden.

64

Iontophorese

65

Iontophorese

Theorie*Seite 67***Praxis***Seite 73***THEORIE****A: Einführung**

Eine Stromquelle, die an einen Körperteil eines Patienten angelegt wird, bewirkt ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden und durch das Gewebe hindurch. In diesem elektrischen Feld werden die positiv geladenen Teilchen vom Minuspol angezogen und die negativ geladenen Teilchen vom Pluspol. Das bedeutet, dass in dem von einem elektrischen Feld durchflossenen Gewebe eine Wanderung der geladenen Teilchen stattfindet (Elektrophorese). Diese Wanderung erfolgt in erheblichem Ausmaß, sofern der elektrische Strom konstant mit einer ausreichenden Stärke und über einen genügend langen Zeitraum gehalten wird.

Der Gleichstrom, auch als galvanischer Strom bezeichnet, d. h. mit einer konstanten Intensität über die Zeit, ermöglicht daher eine Mobilisierung der geladenen Teilchen durch das Gewebe hindurch. Wenn es sich bei diesen geladenen Teilchen um Medikamente handelt, wirkt der Gleichstrom wie ein Vektor und ermöglicht das Einbringen und das Eindringen von medikamentösen Substanzen. Diese Technik, die im Einbringen von elektrisch geladenen Medikamenten mittels der Anlegen eines Gleichstroms besteht, wird in der internationalen Nomenklatur als Iontophorese bezeichnet.

B: Elektrolyse

Der Durchgang eines Gleichstroms in einer wässrigen Lösung, die gelöste Mineralsalze enthält, bewirkt eine Reihe von Reaktionen und Veränderungen, die als Elektrolyse bezeichnet werden. Dieses Phänomen der Elektrolyse besteht aus einer chemischen Zersetzung bestimmter Substanzen in der Lösung durch den Durchgang des elektrischen Stroms. Die Untersuchung der Elektrolyse ermöglicht es, die Reaktionen zu verstehen, die sich unter den auf der Haut angelegten Elektroden abspielen. Die Haut ist ständig in Kontakt mit einer salzhaltigen wässrigen Lösung, die das Produkt von Ausdünstung und Transpiration ist.

Wenn man die beiden Pole einer Stromquelle in einen Behälter taucht, der mit absolut reinem Wasser gefüllt ist, d. h. ohne gelöste Substanzen (destilliertes Wasser), kommt es zu keinem Stromdurchgang. Das reine Wasser wirkt isolierend, es lässt keinen Strom durch. Wenn man in das Wasser eine Substanz wie z. B. Zucker gibt, erfolgt immer noch kein Stromdurchgang. Wenn man dagegen Salz (Natriumchlorid - NaCl) hinzugibt, kommt es zum Stromdurchgang. Bestimmte Substanzen - Salz ist das typische Beispiel - machen das Medium leitend, wenn sie in Wasser gelöst werden. Diese Substanzen werden als Elektrolyte bezeichnet. Sie ermöglichen den Stromdurchgang, da sie im Wasser in Ionen zerfallen. Dieses Zerfallen in Ionen wird als Ionisation bezeichnet. Die gelösten Ionen werden vom Pol mit umgekehrtem Vorzeichen angezogen, was als Ionenwanderung bezeichnet wird. Diese Ionenwanderung erklärt den Durchgang des Stroms.

Die positiven Ionen werden vom Minuspol, der Kathode, angezogen und werden als Kationen bezeichnet. Die negativen Ionen werden vom Pluspol, der Anode, angezogen. Man nennt sie Anionen. Bei Kontakt mit der Kathode sind die Kationen an chemischen Veränderungen beteiligt; das gleiche gilt für die Anionen beim Kontakt mit der Anode.

- An der Kathode
nimmt das Na^+ ein Elektron auf und wird zu Na
 $\text{Na}^+ + 1 \text{ Elektr.} \rightarrow \text{Na}$
und Na reagiert mit dem Wasser und ergibt NaOH, wobei Wasserstoff freigesetzt wird
 $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHO} + 1/2 \text{ H}_2$
- An der Anode
gibt das Cl^- ein Elektron ab und wird zu Cl
 $\text{Cl}^- = 1 \text{ Elektr.} \rightarrow \text{Cl}$
und Cl reagiert mit dem Wasser und ergibt HCl, wobei Sauerstoff freigesetzt wird
 $2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ HCl} + 1/2 \text{ O}_2$

Das im Wasser gelöste NaCl wird in Na^+ und Cl^- ionisiert. Das Na^+ wird von der Kathode angezogen und das Cl^- von der Anode.

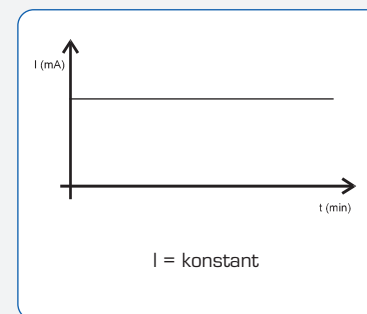
Insgesamt hat die Kathode ein Elektron abgegeben und die Anode ein Elektron aufgenommen, das heißt, dass ein elektrischer Strom geflossen ist. Es kommt zu einer alkalischen Reaktion (Entstehung von Natriumhydroxid NaOH) an der Kathode, wobei Wasserstoff freigesetzt wird. An der Anode kommt es zu einer sauren Reaktion (Entstehung von Salzsäure HCl), wobei Sauerstoff freigesetzt wird.

Für den Therapeuten ist insbesondere die alkalische Reaktion an der Kathode von Bedeutung, denn das Natriumhydroxid, das sich unterhalb der negativen Elektrode ansammelt, kann mitunter eine chemische Verbrennung der Haut hervorrufen, die mit dieser Elektrode in Kontakt ist.

Die Verbrennung, zu der es bei einer Iontophorese-Behandlung kommen kann, ist also vor allem eine chemische Verbrennung durch das Natriumhydroxid, das sich an der Kathode ansammelt. Wie viel Natriumhydroxid sich ansammelt, hängt von der Dichte des Stroms (Stromstärke dividiert durch die Fläche der Elektrode) und der Dauer seiner Anwendung ab.

C: Der Gleichstrom

Der Gleichstrom (DC = direct current), auch als galvanischer Strom bezeichnet, hat eine konstante Stärke über die Zeit. Seine grafische Darstellung ist sehr einfach; es handelt sich um eine Gerade, die parallel zur Zeitachse (Abszisse) verläuft. Wir sollten bereits jetzt zur Kenntnis nehmen, dass es die Stärke des Stroms (I) ist, die über die Zeit konstant bleibt, und nicht notwendigerweise die Spannung (U).



Der Gleichstrom ist der Strom der Wahl für die Durchführung einer Iontophorese-Behandlung, weil diese Stromart ein Höchstmaß an Ionenwanderung gewährleistet. Sämtliche Arbeiten der Bewertung des Eindringens sowie die klinischen Studien, bei denen eine Wirkung nachgewiesen wurde, wurden mit Gleichstrom durchgeführt. Bei den

anderen Stromarten konnte noch nie eine Wirkung der Iontophorese nachgewiesen werden.

Der Gleichstrom, der über Flächenelektroden an einen Körperteil angelegt wird, erzeugt ein elektrisches Feld durch das Gewebe hindurch. Dieses Feld bewirkt die Mobilisierung der ionisierten Medikamente. Unabhängig von dieser Tatsache hat der galvanische Strom jedoch mehrere Wirkungen:

- eine leichte Erwärmung des Gewebes
- eine kutane Vasodilatation, die sich durch ein Erythem unter den beiden Elektroden manifestiert und nach der Behandlung innerhalb von 20 bis 60 Minuten spontan verschwindet
- ein leichtes Prickeln oder eine Irritation der Haut unter den Elektroden
- an der Kathode:
 - alkalische Reaktion (NaOH)
 - Erhöhung der Nervenregbarkeit
 - Verringerung der Proteindichte (sklerolytisch)
- an der Anode:
 - saure Reaktion (HCl)
 - Verringerung der Nervenregbarkeit
 - Erhöhung der Proteindichte (sklerotisch)

D: Die Stromdichte

Was es bei einer Iontophorese zu berücksichtigen gilt, ist nicht so sehr allein die Stärke des Stroms, sondern diese Stromstärke in Abhängigkeit von der Größe der Elektroden. In der Tat könnte man bei gleicher Stromstärke, beispielsweise 5 mA, mit einer kleinen Elektrode von 1cm^2 sehr rasch eine Verbrennung verursachen, während es mit einer sehr großen Elektrode von 1000cm^2 nicht einmal zu einem kleinen kutanen Erythem kommt. Somit ist die Stromdichte, genauer gesagt die Intensität relativ zur Oberfläche der Elektrode, der entscheidende Faktor:

$$\text{Stromdichte } D (\text{mA}/\text{cm}^2) = \frac{\text{Stromstärke (mA)}}{\text{Fläche}(\text{cm}^2)}$$

$$D = \frac{I}{S}$$

Eine gute Kontrolle der Effizienz und der Sicherheit macht es unabdingbar, bei der Behandlung die Stromdichte korrekt zu regeln. Die Vorrichtung muss daher die Stromstärke in Abhängigkeit von der Größe der Elektroden regeln, mit denen gearbeitet wird. Darüber hinaus muss sie

einen perfekten Gleichstrom erzeugen, damit sich die Stromstärke und damit die Stromdichte nicht verändern, wenn im Verlauf der Behandlung aufgrund der Erwärmung und der kutanen Vasodilatation der Hautwiderstand geringer wird.

E: Sicherheit (Allergien, Verbrennungen und Schocks)

Die Sicherheit muss bei einer Iontophorese-Behandlung für den Therapeuten im Vordergrund stehen. Es ist wichtig, nicht nur Komplikationen zu vermeiden, wie z. B. allergische Reaktionen auf die Medikamente oder Verbrennungen, sondern auch Zwischenfälle, die etwaige Stöße gegen die Anlage und den Abbruch der Behandlung verursachen.

Um allergische Reaktionen auf die Medikamente zu vermeiden, ist es erforderlich, den Patienten vor der ersten Iontophorese-Behandlung zu befragen und beim geringsten Zweifel einen Allergietest mit dem gewählten Medikament durchzuführen. Auf diesen Aspekt wird im praktischen Teil dieses Kapitels über die Iontophorese detailliert eingegangen.

Um Verbrennungen zu vermeiden, muss eine Stromdichte angewendet und kontrolliert werden, die von der Haut toleriert wird. Zwar gehen einige Autoren so weit, eine Dichte von 1 mA/cm^2 zu verwenden, jedoch ist dieser Wert viel zu hoch angesetzt, weil es sich dabei um die obere Toleranzgrenze einer intakten Haut mit sehr hohem Widerstand handelt. Auf einer normalen Haut, die zuvor korrekt für die Anwendung einer Iontophorese-Behandlung vorbereitet wurde, bewirkt eine

solche Stromstärke (1 mA/cm^2) über 10 Minuten eine Ansammlung von Natriumhydroxid unter der Kathode, die zu einer chemischen Verbrennung führt. In der Tat scheint eine Stromdichte von $0,2 \text{ mA/cm}^2$ der Wert zu sein, der niemals überschritten werden sollte. Für eine effiziente Standardbehandlung wird ein Wert von $0,05 \text{ mA/cm}^2$ empfohlen. Diese Stromdichte gewährleistet ein gutes Eindringen und schützt den Patienten vor Verbrennungen. Für die Aufrechterhaltung einer konstanten Dichte sorgt ein Generator, der einen absolut konstanten Strom erzeugt, unabhängig von den Schwankungen des elektrischen Widerstands der Haut im Verlauf der Behandlung. Bedingung hierbei ist allerdings, dass die Elektroden während der Behandlung gut auf der Haut fixiert sind.

Um Schocks am Anfang, am Ende oder bei Unterbrechungen der Behandlung zu vermeiden, ist ein progressives Ansteigen bzw. Nachlassen des galvanischen Stroms erforderlich. Plötzliche Schwankungen des Stroms können mitunter ein parasitäres Erregungsphänomen auslösen. Dies ist nicht besonders gefährlich, jedoch unerwünscht, da es für den Patienten unangenehm und verunsichernd ist.

F: Eindringen

Das Eindringen der ionisierten medikamentösen Substanz hängt von einer Reihe von Faktoren ab:

1. Löslichkeit der medikamentösen Substanz
2. Konzentration der medikamentösen Lösung
3. Abwesenheit von mit dem Medikament konkurrierenden Ionen in der Lösung
4. pH-Wert der Lösung
5. Platzierung der Lösung an der richtigen Elektrode
6. Abwesenheit von Fett auf der Hautfläche
7. Mehr oder weniger große Anzahl von Schweißkanälen auf der Haut
8. Stromdichte
9. Behandlungsdauer

Die Größe oder das Molekulargewicht des Medikaments: häufig hört man die irrierte Meinung, dass das Molekulargewicht ein Faktor ist, der ein mehr oder weniger gutes Eindringen beeinflusst. Dies stimmt zwar auf zellulärer Ebene, was das Eindringen durch die Zellmembran angeht; dagegen hat es keine Auswirkung auf das Eindringen durch die Haut während einer Iontophorese-Behandlung. Denn in diesem Fall erfolgt das Eindringen des Medikaments durch die Haut über die Schweißkanäle, die einen Durchmesser von etwa $10 \text{ }\mu\text{m}$ ($10 \text{ Tausendstel Millimeter}$) haben. Dieser Durchmesser stellt eine gigantische Größe dar, verglichen mit der Größe der dicksten Moleküle.

1 - LÖSLICHKEIT

Bei dem Medikament, das man mittels der Ionenwanderung eindringen lassen möchte, muss es sich natürlich um ein Elektrolyt handeln, das heißt, dass diese Substanz wasserlöslich und ionisierbar sein muss. Die empfohlenen Substanzen und Hinweise zu ihrer Anwendung finden Sie im praktischen Teil dieses Kapitels.

2 - KONZENTRATION DER LÖSUNG

Die mehr oder weniger hohe Konzentration des Medikaments in der Lösung hat Einfluss auf die Menge der transferierten Ionen. In der Regel werden Konzentrationen von 1 bis 2 % empfohlen (das entspricht 1 bis 2 g/100 ml). Jedoch können bestimmte Substanzen mit sehr starker biologischer Aktivität, d. h. die bei sehr geringen Konzentrationen sehr intensiv wirken, in Lösungen bis zu 0,01 % ($0,1 \text{ mg/l}$) verdünnt verwendet werden.

3 - KONKURRIERENDE IONEN

Die Ionenwanderung betrifft sämtliche Ionen in der Lösung, wobei die Anionen von der Anode und die Kationen von der Kathode angezogen werden. Wenn sich in der Lösung andere Ionen als die der medikamentösen Substanz befinden, konkurrieren sie bei der Wanderung. Das Eindringen des Medikaments ist umso geringer, je größer die Zahl konkurrierenden Ionen im Verhältnis zur Zahl der medikamentösen Ionen ist. Es ist daher wünschenswert, dass das Medikament in destilliertem Wasser gelöst wird und die aktive Elektrode ausschließlich von dieser Lösung befeuchtet wird.

4 - DER PH-WERT

spielt eine Rolle, weil er nicht nur die Polarität der medikamentösen Substanz beeinflussen kann, sondern auch die Ladung der Hautporen. Bestimmte medikamentöse Substanzen sind amphoter, d. h. sie haben sowohl eine saure Funktion als auch eine basische Funktion auf ihre Moleküle; dies hat eine variable Ionisation entsprechend dem pH-Wert des Mediums zur Folge. In einem sauren Medium ($\text{pH} < 7$) fixiert die basische Funktion ein H^+ und das Medikament hat eine positive Polarität, während in einem basischen Medium ($\text{pH} > 7$) die saure Funktion ein H^+ freisetzt und das Medikament somit eine negative Polarität hat. Auch die Ladung der Hautporen wird vom pH-Wert beeinflusst: Wenn der pH-Wert geringer ist als 3, ist

die Ladung der Poren positiv, wenn der pH-Wert größer ist als 4, wird die Ladung der Poren negativ. Da die meisten Lösungen einen pH-Wert > 4 haben, sind die Poren negativ geladen, und ein positiv geladenes Medikament wird von den Poren angezogen, während ein negativ geladenes Medikament von den Poren abgestoßen wird.

5 - ANBRINGEN DER LÖSUNG AN DER RICHTIGEN ELEKTRODE

Je nach Polarität des ionisierten Medikaments muss die Lösung an der Kathode oder an der Anode angebracht werden. Die positiv geladenen Medikamente müssen an der positiven Elektrode (Anode) platziert werden und die negativ geladenen Medikamente an der negativen Elektrode (Kathode). Das ionisierte Medikament wird demnach an der Elektrode mit gleicher Polarität angebracht, damit es von dieser Elektrode abgestoßen und von der anderen angezogen wird.

6 - ABWESENHEIT VON FETT AUF DER HAUT

Eine Fettschicht zwischen der medikamentösen Lösung und der Haut verhindert das Eindringen des ionisierten Medikaments. Es ist daher wichtig, die von den Elektroden bedeckte Hautfläche entsprechend vorzubereiten. Die Vorgehensweise wird im praktischen Teil dieses Kapitels beschrieben.

7 - MEHR ODER WENIGER GROßE ANZAHL VON SCHWEIßKANÄLEN

Die Haut mit ihrer oberen Hornschicht (Keratin) ist undurchlässig gegenüber Wasser und darin gelösten Substanzen. Das Eindringen durch die Haut kann daher nur durch die Hautporen erfolgen. Je größer die Anzahl der Schweißkanäle auf der Haut ist, desto größer ist das Ausmaß des Eindringens. Man kann sich die Haut unterhalb der Elektrode als von vielen Mikropipetten durchsetzt vorstellen, von denen aus das ionisierte Medikament in das Gewebe eindringen kann.

8 - STROMDICHTEN

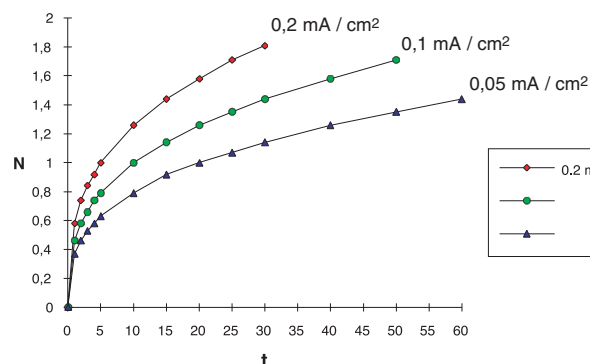
Je höher die Stromdichte, desto größer das Ausmaß des Eindringens. Wenn diese Dichte jedoch zu hoch ist, besteht die Gefahr von Verbrennungen. Am besten scheint sich eine Stromdichte von $0,05 \text{ mA/cm}^2$ zu eignen.

9 - BEHANDLUNGSDAUER

Aufgrund der jedem dynamischen Phänomen eigenen Trägheit benötigt die effektive Mobilisierung der ionisierten Medikamente eine gewisse Zeit. Die ersten 15 Sekunden sind erforderlich für das effektive Auslösen der Migration. Danach dringt eine immer größere Menge des Medikaments ein, je mehr Zeit verstreicht. Der Anstieg der eindringenden Menge über die Zeit ist natürlich nicht unbegrenzt, da die Substanz von der aktiven Elektrode in der Masse verschwindet, wie sie in das Gewebe eindringt.

Die Menge (N) des ionisierten Medikaments, die in das Gewebe eindringt, hängt von allen oben beschriebenen Faktoren ab. Sobald jedoch die Bedingungen der Behandlung festgelegt sind, ist das Eindringen nur noch von der Stromdichte und der Behandlungsdauer abhängig. Die eindringende Menge (N) des ionisierten Medikaments ist abhängig von der Dichte (D) und von der Dauer: N ist proportional zur Kubikwurzel der Dichte (D) multipliziert mit der Zeit [t].

$$N \propto \sqrt[3]{D \cdot t}$$



Anhand dieser Kurven ist zu erkennen, dass das Eindringen in den ersten Minuten der Behandlung stärker ist und dass nach 6 Minuten die Zunahme des Eindringens nur bei einer erheblichen Verlängerung der Behandlungsdauer ausgeprägt ist. In der Tat wird durch die Verdoppelung der Behandlungsdauer der Eindringungsindex nur um etwa 25 % erhöht; und um das Maß des Eindringens zu verdoppeln, muss die Zeit mit 8 multipliziert werden!

PRAXIS

A: Vorsichtsmaßnahmen vor Beginn einer Iontophorese-Behandlung



Die Behandlung darf nicht durchgeführt werden, wenn der Patient an Asthma, Heuschnupfen, Nahrungsmittelallergie, Ekzemen, Penicillinallergie oder Aspirinallergie leidet oder gelitten hat.

Die Behandlung darf nicht bei Allergikern durchgeführt werden, unabhängig von der Art ihrer Allergie: Asthma, Heuschnupfen, Ekzeme, Nahrungsmittelallergie. Es ist umso mehr Vorsicht angebracht, als die Reaktion im Fall einer Allergie, wie zum Beispiel gegen Aspirin, besonders stark sein kann.

Die korrekte Durchführung einer Iontophorese-Behandlung (das heißt mit Hilfe eines Generators, der einen konstanten Gleichstrom erzeugt, unter Kontrolle der Stromdichte und unter Beachtung der Regeln zur praktischen Anwendung) bewirkt ein Eindringen des ionisierten Medikaments in das Gewebe. Diese Behandlung besteht also darin, mit Hilfe eines galvanischen Stroms, der die Funktion eines einfachen Vektors hat, ein Medikament in den Organismus einzubringen. Diese Verabreichung eines Medikaments ist nicht ungefährlich. Die gefährlichste Komplikation bei der Iontophorese ist die allergische Reaktion auf das so verabreichte Medikament. Diese allergische Reaktion kann unterschiedliche Ausmaße annehmen, von der leichten und lokal begrenzten einfachen Reaktion (juckendes Erythem mit kleinem Ödem) bis hin zum dramatischen anaphylaktischen

Schock. Man muss sich vergewissern, dass kein Risiko einer allergischen Reaktion besteht. Jedes Mal, wenn man bei einem Patienten eine erste Iontophorese-Behandlung plant, muss dieser auf das Vorhandensein von Allergien befragt werden. Im Zweifelsfall kann ein Test vor der ersten Behandlung durchgeführt werden. Hierzu nimmt man die kleinsten zur Verfügung stehenden Iontophorese-Elektroden (maximal 20 cm²) und setzt sie auf die Haut der Innenseite des Unterarms. Die Lösung des ionisierten Medikaments wird an der Elektrode gleicher Polarität aufgebracht und der Strom 2 Minuten lang mit einer Dichte von 0,020 mA/cm² angelegt. Anschließend vergewissert man sich, dass es in den darauffolgenden 5 Minuten nicht zu einer lokalen allergischen Reaktion (Rötung, Juckreiz und Anschwellen) kommt.



Stellen Sie sicher, dass keine gewöhnliche Kontraindikation für das Medikament vorliegt.

Die Iontophorese-Behandlung darf nicht durchgeführt werden, wenn der Patient Symptome aufweist oder andere Behandlungen erhält, die auf eine Kontraindikation für das ionisierte Medikament schließen lassen.

Die Iontophorese ist eine lokale Verabreichung eines Medikaments. Wenn die Behandlung korrekt durchgeführt wird, dringt das Medikament in das Gewebe ein, wird an den Kapillaren absorbiert und befindet sich dann im allgemeinen Kreislauf. Das Medikament hat daher eine allgemeine Wirkung, so als wenn es injiziert oder oral verabreicht würde. Der Unterschied liegt in der Dosis und der Geschwindigkeit der Resorption. Die bekannten Nebenwirkungen eines Medikaments können also auch eintreten, wenn es durch Iontophorese verabreicht

wurde. Die Kontraindikationen des Medikaments sind in der gleichen Weise zu beachten, als bei der Verabreichung auf einem anderen Weg. Bei der Iontophorese als parenteraler Art der Verabreichung ist die Dosis des Medikaments im Allgemeinen geringer anzusetzen als bei oraler Einnahme oder Injektion. Somit sind Nebenwirkungen weniger häufig zu beobachten. Diese können jedoch umso mehr eintreten, je größer die Fläche der Elektroden bei gleicher Stromdichte und gleicher Behandlungsdauer ist.



Die Behandlung ist abubrechen und darf nicht mit dem gleichen Medikament wiederholt werden, sobald eine lokale allergische Reaktion festgestellt wird.

Eine erneute Iontophorese-Behandlung darf nicht durchgeführt werden, wenn während der letzten Behandlung eine lokale allergische Reaktion festgestellt wurde, auch wenn diese nur leicht war.

Es kann trotz genauester Befragung des Patienten vorkommen, dass eine Iontophorese-Behandlung mit einem Medikament durchgeführt wird, gegen das der Patient allergisch ist oder wird. In diesem Fall ist eine lokale allergische Reaktion unter der aktiven Elektrode (mit der gleichen Polarität wie das ionisierte Medikament) zu beobachten: Erythem, Juckreiz und Hautödem. Ein einfaches Erythem reicht natürlich nicht aus, um auf eine lokale allergische Reaktion zu schließen, denn die Erweiterung der Hautkapillare und das Erythem der Haut, das daraus entsteht, ist eine klassische Folge des galvanischen Stroms. Aber dieses "galvanische" Erythem entsteht unter

beiden Elektroden. Daher deutet nur ein sehr viel ausgeprägteres Erythem in Verbindung mit Juckreiz oder sogar einem Ödem an der aktiven Elektrode auf eine lokale allergische Reaktion hin. Sobald eine solche festgestellt wurde, ist es entscheidend, die Iontophorese-Behandlung nicht mehr mit dem gleichen Medikament zu wiederholen. Das Potenzial einer allergischen Reaktion kann sich bei einem Patienten mit jedem erneuten Kontakt mit dem Allergen verstärken. Daher besteht die Gefahr, dass die Intensität der allergischen Reaktion bei einer erneuten Behandlung stärker ist, mit ausgeprägteren lokalen und mitunter sogar allgemeinen Symptomen.



Keine Iontophorese-Behandlung in der Nähe von Metallgegenständen innerhalb des Gewebes.

Die Elektroden für eine Iontophorese-Behandlung dürfen nicht in der Nähe von Metall an Knochen oder Gelenken (Prothesen oder Osteosynthesematerial) angebracht werden.

Der Gleichstrom (auch „galvanischer Strom“) ist per definitionem polarisiert und hat daher ein elektrisches Mittel ungleich Null. Er bewirkt die Ionenwanderung und das Phänomen der Elektrolyse. Bei der Elektrolyse handelt es sich um eine chemische Zersetzung bestimmter Substanzen in einer Lösung, die durch den Durchgang eines elektrischen Stroms bewirkt wird. Dieses Phänomen kann zu unterschiedlichen Ergebnissen führen:

- Zersetzung des Wassers mit einem Freisetzen von Wasserstoff und Sauerstoff
- Ablagerung von Bestandteilen der in Lösung befindlichen Substanz an den Elektroden

• **Materietransfer von der Anode zur Kathode**
Abgesehen von den chemischen Phänomenen, die an Metallteilen im Gewebe entstehen können, wenn sich diese im Stromkreis eines Gleichstroms befinden, zeigt der letzte Punkt, dass es zu einem Stofftransfer von der Anode zur Kathode kommen kann. Das Metallteil innerhalb des Gewebes kann sich als Anode verhalten, und wenn sich ein gleiches Metallsalz in der Lösung befindet, verliert diese Anode an Masse, die sich an der Kathode oder im benachbarten Gewebe ablagert. Es kann somit zu einer chemischen Zersetzung der Metallteile kommen, mit einer "Erosion" und Ablagerungen von Metall innerhalb des Gewebes.

B: Vorbereitung des Patienten und des mit Iontophorese zu behandelnden Bereichs

1 Die Haut des zu behandelnden Bereichs gründlich reinigen und anschließend spülen und trocknen.

Die Oberfläche der Haut, auf der die Elektroden angebracht werden, muss absolut sauber sein.

Keine Schicht, sei sie noch so dünn und unsichtbar, darf sich zwischen der Haut und der Lösung des ionisierten Medikaments befinden, das die Elektrode befeuchtet. Die

sich ständig erneuernde Epidermis bildet eine oberflächliche Hornschicht (Keratin), die sich abschuppt. Um diese Schicht aus abgestorbenen Zellen zu reduzieren, sollte

ziemlich kräftig gerieben werden, um eine leichte mechanische Abrasion zu erzielen. Diese Reinigung muss mit Seife

durchgeführt werden (Déto, Hac, Hibitane...), anschließend ist die Haut ausreichend zu spülen und abzutrocknen.

2 Die Haut mit Äther entfetten.

Die gründliche Reinigung der Haut reicht allein nicht aus. Sie muss außerdem mit einem fettlösenden Mittel wie Äther und einem Wattebausch entfettet werden.

Die Lösung des ionisierten Medikaments, das die Elektrode befeuchtet, bildet einen dünnen, flüssigen Filter auf der Haut. Dieser muss sich von den Hautporen an durch die Epidermis über die Schweißkanäle verlängern. Das Eindringen des ionisierten Medikaments ist somit von der mehr oder weniger großen Durchlässigkeit dieser Kanäle und ihrer kutanen Öffnung abhängig. Wenn fettige Substanzen diese Kanäle verstopfen, wird das Eindringen

des Medikaments behindert und die Behandlung ist wirkungslos. Normalerweise befindet sich Fett auf der Epidermis. Der Talg ist im Wesentlichen ein Fett, das von den Talgdrüsen produziert wird und ständig auf der Epidermis zu finden ist. Um eine gute Durchlässigkeit der Schweißkanäle zu gewährleisten, muss eine Tiefenreinigung mit Hilfe eines sehr flüssigen Fettlösemittels, wie z. B. Äther, durchgeführt werden.



Den Hautbereich, auf dem die Elektroden angebracht werden, nicht rasieren.

Die Haare haben keine Auswirkung auf die Iontophorese-Behandlung. Wenn sie jedoch abrasiert werden, kann es zu geringfügigen Hautverletzungen kommen. Diese bilden Stellen mit schwachem elektrischen Widerstand, durch die der Strom bevorzugt fließt.

3 Den Patienten in eine entspannte Position bringen, so dass er sich während der Behandlung so wenig wie möglich bewegt.

Bei einer Iontophorese-Behandlung ist darauf zu achten, dass sich der Patient in einer bequemen Position befindet, die er so wenig wie möglich verändert.

Bei Bewegungen besteht die Gefahr, dass sich Elektroden verschieben bzw. ganz oder teilweise lösen. Wenn sich die Elektrode ganz löst, kann die plötzliche Unterbrechung des Stromkreises einen Schock auslösen, der zwar nicht gefährlich, aber für den Patienten

unangenehm und beunruhigend ist. Wenn die Elektrode teilweise gelöst ist, dass heißt, wenn der Kontakt zwischen Elektrode und Haut nicht mehr über die gesamte Fläche der Elektrode besteht, steigt die Stromdichte an und es kann zu Verbrennungen kommen.

C: Vorbereitung der Elektroden und der Lösung des ionisierten Medikaments

1 Die Lösung des ionisierten Medikaments auf eine trockene und zuvor mit destilliertem Wasser gespülte Elektrode auftragen.

Die aktive Elektrode, also die Elektrode, die die gleiche Polarität hat wie das ionisierte Medikament, muss nach der letzten Behandlung mit destilliertem Wasser gespült und anschließend getrocknet worden sein.

Nach einer Iontophorese-Behandlung müssen die Elektroden gespült werden, jedoch nicht mit Leitungswasser, das ionisierte Salze enthält, sondern mit destilliertem Wasser, das per definitionem keine solchen Salze enthält. Wenn man die mit destilliertem Wasser befeuchteten Elektroden trocknen lässt, verdunstet das

Wasser und es bleibt kein Material an den Elektroden zurück. Wenn dagegen Leitungswasser verdunstet, kristallisieren die darin gelösten Ionen und bleiben an der Elektrode zurück. Wenn daher nicht ausreichend mit destilliertem Wasser gespült wird, bleiben Ionen an den Elektroden zurück. Bei der nächsten

Iontophorese treten die übriggebliebenen Ionen bei der Ionenwanderung in Konkurrenz zu den medikamentösen Ionen, und die Behandlung verliert an Effizienz. Wenn die aktive Elektrode nicht trocken ist, vermischt sich die Medikamentlösung mit dem restlichen Wasser an der Elektrode. Somit verringert sich die Konzentration des Medikaments umso mehr, je größer die Menge des an der Elektrode verbliebenen Wassers ist. Und wenn anstelle von destilliertem Wasser die Elektrode noch mit Leitungswasser befeuchtet ist, kommt es zusätzlich zur Verdünnung des ionisierten Medikaments zu einer Konkurrenz mit den im Leitungswasser

gelösten Ionen.

Die Situation wird völlig ungünstig, wenn man die Elektroden mit Leitungswasser abspült, sie anschließend trocknen lässt und sie dann wieder vor dem Aufbringen der Medikamentlösung mit Leitungswasser befeuchtet. Unter diesen Bedingungen wird nicht nur die Medikamentlösung durch das Wasser an den Elektroden verdünnt, sondern es kommt darüber hinaus noch zu einer Konkurrenz zwischen den medikamentösen Ionen einerseits und den Ionen des Leitungswassers andererseits, zu denen noch die Ionen kommen, die nach dem Verdunsten des zum Abspülen verwendeten Wassers an den Elektroden

2 Die Lösung des ionisierten Medikaments auf die Elektrode mit gleicher Polarität aufragen.

Die Lösung des Medikaments muss auf die Elektrode mit der gleichen Polarität (aktive Elektrode) aufgetragen werden. Dadurch werden die medikamentösen Ionen von dieser Elektrode abgestoßen und von der anderen Elektrode mit entgegengesetzter Polarität angezogen.

3 Die inaktive oder indifferente Elektrode, deren Polarität entgegengesetzt zu der des ionisierten Medikaments ist, muss mit Leitungswasser befeuchtet oder mit einem leitfähigen Gel bestrichen werden.

Um den Stromkreis leitend zu machen, muss die aktive Elektrode mit der Lösung des ionisierten Medikaments getränkt und die indifferente Elektrode mit einer leitfähigen Substanz bestrichen werden. Hierbei kann es sich wahlweise um ein leitfähiges Gel, Kochsalzlösung oder einfach um Leitungswasser handeln.

D: Anbringen der Elektroden

1 Die aktive Elektrode auf dem zu behandelnden Bereich anlegen.

Wenn der zu behandelnde Bereich schmerzt, ist durch Abtasten die am meisten schmerzende Stelle zu suchen und die Elektrode genau in der Mitte dieser Stelle anzulegen. Falls ein Gelenk behandelt werden soll, ist die aktive Elektrode auf der Mittellachse des Gelenks zu zentrieren.



Die aktive Elektrode nach Möglichkeit nicht auf vernarbten Bereichen anbringen.

Außer wenn die Iontophorese-Behandlung zum Geschmeidigmachen einer Narbe oder zur Linderung eines Keloids dienen soll, sollte es vermieden werden, die aktive Elektrode auf einem vernarbten Hautbereich anzubringen.

Das Eindringen des ionisierten Medikaments erfolgt durch die Schweißkanäle, die jedoch im vernarbten Gewebe nicht vorhanden sind. Nach Möglichkeit sollte die aktive Elektrode auf Hautbereichen angelegt werden, die reich an Schweißdrüsen sind; Bereiche mit wenig Schweißdrüsen sollten vermieden werden.

Ein Bereich wie die Kniekehle, in dem häufig Narben zu finden sind, ist beispielsweise zu vermeiden. Beim Mann wird die Gesamtzahl der Schweißdrüsen auf etwa zwei Millionen geschätzt. Es gibt etwa 400 je cm² auf der Handinnenfläche und der Fußsohle und 130 bis 200 je cm² auf den übrigen



Die Elektroden nicht auf Hautverletzungen – auch keinen kleineren – anbringen.

Außer bei besonderen Iontophorese-Behandlungen, wie zum Beispiel mit Antibiotika, dürfen die Elektroden nur auf intakter Haut angelegt werden, die auch nicht die geringste Verletzung aufweisen darf.

Der elektrische Strom fließt durch die Bereiche mit dem geringsten elektrischen Widerstand. Wenn aufgrund einer Verletzung der Hautwiderstand nicht gleichförmig ist, fließt der Strom vorzugsweise durch den Bereich der Verletzung, wo der Widerstand am

geringsten ist. Dadurch sinkt die Stromdichte im Bereich der normalen Haut und steigt im Bereich der Verletzung, was die Behandlung ineffizient und gefährlich macht und das Risiko von Verbrennungen an der Verletzung mit sich bringt.

2 Die Elektroden mit ihrer gesamten Fläche anbringen.

Beim Befestigen der Elektroden ist darauf zu achten, dass ihre gesamte Fläche mit der Haut in Kontakt ist. Es ist nicht ausreichend, einen Riemen so zu platzieren, dass er durch den Mittelpunkt der Elektrode läuft und die äußeren Ränder gelöst bleiben. Zu verwenden sind ausreichend breite Riemen oder mehrere Riemen oder mehrere Umwicklungen des gleichen Riemens. Möglich ist auch die Verwendung von Klebebändern, um die Seiten der Elektroden korrekt zu befestigen.

Bei der Definition der Stromdichte als Stromstärke (I in mA) dividiert durch die Fläche der Elektrode (S in cm²) wird davon ausgegangen, dass die Elektrode mit ihrer ganzen Fläche angebracht ist. Die tatsächlich zu berücksichtigende Fläche ist die Kontaktfläche Haut-Elektrode. Wenn man in den Compex 3 Stimulator eine Elektrodenfläche von 40 cm² mit

einer Stromdichte von 0,05 mA/cm² eingibt und sich durch das mangelhafte Anlegen einer Elektrode die Kontaktfläche Haut-Elektrode auf 20 cm² reduziert, beträgt die tatsächliche Stromdichte 0,1 mA/cm². Das falsche Anlegen einer Elektrode setzt den Patienten der Gefahr von Verbrennungen aus.



Darauf achten, dass es niemals zu einem Kontakt zwischen einem Metallteil und der Haut kommt.

Wenn der Stecker einer Elektrode mit der Haut in Kontakt kommt, fließt der Strom vorzugsweise durch diesen Bereich mit geringer Impedanz. Da diese Kontaktfläche sehr klein ist, ist die Stromdichte dort sehr hoch und es kommt zu einer elektrischen Verbrennung. Die Dichte kann so groß werden, dass die Wirkung fast der eines elektrischen Skalpells gleichkommt.

3 Die indifferente Elektrode nach Möglichkeit quer zur aktiven Elektrode anlegen.

Es gibt keine Untersuchungen über die relative Effizienz einer Behandlung in Abhängigkeit zur Position der beiden Elektroden zueinander. Es ist jedoch logisch, anzunehmen, dass die Tiefe des Eindringens größer ist, wenn die Richtung des elektrischen Feldes senkrecht zur Oberfläche der Haut verläuft, als wenn sie schräg oder längs dazu verlaufen würde.

E: Während der Behandlung



Die Elektroden nicht entfernen oder verschieben, ohne die Behandlung abzubrechen.

Der Compex 3 ist so programmiert, dass der Strom zu Beginn der Behandlung progressiv ansteigt und zum Ende der Behandlung progressiv sinkt. Dadurch wird ein Phänomen der Erregung vermieden und der Patient wird niemals von einem Schock oder einer schmerzhaften Entladung überrascht. Wenn jedoch die Elektroden durch eine unangebrachte Manipulation abgeschaltet werden, kann die plötzliche Unterbrechung des Stromkreises ein Phänomen der Erregung verursachen.

1 Den Patienten bitten, sich während der Behandlung möglichst wenig zu bewegen und die Elektroden nicht selbst abzunehmen.

Aus den gleichen Gründen wie oben Abschnitt erwähnt.

2 Den Patienten darauf hinweisen, dass ein Prickelgefühl der Haut unter den Elektroden normal und ungefährlich ist.

Es handelt sich dabei um eine normale Wirkung des galvanischen Stroms, die nichts mit einer Verbrennung zu tun hat.

3 Wenn es während der Behandlung zu einer Funktionsstörung an einer Elektrode kommt.

Der Compex 3 misst die Impedanz des Stromkreises. Wenn sie zu hoch ist, schaltet sich das Gerät ab und zeigt die Fehlermeldung "ELEKTRODENFEHLER" sowie die Nummer des Kanals an, an dem die Störung vorliegt. Ein solcher Fehler, der vom Kontrollsystem für die Sicherheit und Effizienz der Behandlung gemeldet wird, kann unterschiedliche Ursachen haben:

- Elektrode von der Stromversorgung getrennt
- Fehlerhafte Anschlüsse
- Vertauschte Kanäle
- Defektes Kabel
- Defekte Elektrode
- Lösung nicht leitend
- (Medikament nicht ionisierbar oder Konzentration unzureichend)

F: Nach der Behandlung

1 Die Haut des behandelten Bereichs gründlich mit Leitungswasser reinigen.

Während der Iontophorese-Behandlung kommt es zur Bildung von sauren und basischen Substanzen an den Elektroden und somit in Kontakt mit der Haut. Eine zu hohe Konzentration dieser Substanzen und ihr zu langes Verbleiben auf der Haut kann chemische Verbrennungen verursachen. Um diese chemischen Substanzen so schnell wie möglich von der Hautoberfläche zu entfernen, sollte die Haut des Patienten unmittelbar nach der Behandlung gereinigt werden.

2 Die Elektroden sofort nach der Behandlung gründlich mit Leitungswasser reinigen und sie vor dem Trocknen mit destilliertem Wasser abspülen.

G: Zusammenfassung

A - Maßnahmen vor der Behandlung

- Die Behandlung nicht bei einem Allergiepazienten durchführen
- Sicherstellen, dass keine Kontraindikation für das Medikament besteht
- Die Behandlung abbrechen und nicht wiederholen, sobald eine lokale allergische Reaktion festgestellt wird
- Keine Iontophorese-Behandlung in der Nähe von Metallgegenständen innerhalb des Gewebes

B - Vorbereitung des Patienten

- Die Haut reinigen, spülen und trocknen
- Die Haut mit Äther entfetten
- Den Bereich, in dem die Elektroden angelegt werden, nicht rasieren
- Den Patienten in eine entspannte Position bringen

C - Vorbereitung der Elektroden

- Die Medikamentenlösung auf eine trockene und zuvor mit destilliertem Wasser abgespülte Elektrode auftragen
- Die ionisierte Medikamentenlösung auf die Elektrode mit gleicher Polarität auftragen
- Die andere Elektrode mit Leitungswasser befeuchten (oder mit leitfähigem Gel bestreichen)

D - Anbringen der Elektroden

- Die Elektroden nicht auf Hautverletzungen, auch keinen kleineren, anlegen.
- Die Elektroden mit ihrer gesamten Fläche anbringen
- Darauf achten, dass es niemals zu einem Kontakt zwischen einem Metallteil und der Haut kommt

E - Während der Behandlung

- Die Elektroden nicht entfernen oder verschieben, ohne die Behandlung abzubrechen
- Den Patienten bitten, sich während der Behandlung möglichst wenig zu bewegen und die Elektroden nicht selbst abzunehmen.
- Den Patienten darauf hinweisen, dass ein Prickelgefühl auf der Haut unter den Elektroden normal und ungefährlich ist

F - Nach der Behandlung

- Die Haut des behandelten Bereichs gründlich mit Leitungswasser reinigen
- Die Elektroden sofort nach der Behandlung gründlich mit Leitungswasser reinigen und sie vor dem Trocknen mit destilliertem Wasser abspülen.

80

Denervierte Muskeln

81

Denervierte
Muskeln

Theorie

Einführung

Seite 83

Erregbarkeit der Muskelfasern

Seite 84

Die Akkommodation

Seite 85

Wahl der Form und der Parameter der Stromimpulse

Seite 88

Vorgehensweise

Einführung

Seite 90

Behandlungsrelevante Kriterien

Seite 90

Praktische Behandlung

Situation 1: Komplette Denervation, nach Reinnervationsfrist

Situation 2: Partielle Denervation, nach Reinnervationsfrist

Situation 3: Komplette Denervation, in Reinnervationsfrist

Situation 4: Partielle Denervation, in Reinnervationsfrist

Seite 91

THEORIE

A: Einführung

Zunächst sollte ein denervierter Muskel nicht mit einem gelähmten Muskel verwechselt werden, da diese beiden Bezeichnungen nicht synonym sind. Der gelähmte Muskel weist eine Schwäche oder einen Verlust seiner motorischen Funktion auf, die häufig durch Verletzungen der zentralen oder peripheren Nerven verursacht werden. Das bedeutet, dass ein gelähmter Muskel nicht willentlich kontrahiert werden kann, aufgrund einer Verletzung des zentralen Nervensystems oder einer Beeinträchtigung des peripheren Nervs. Wenn die Verletzung ausschließlich auf das zentrale Nervensystem beschränkt ist, ist der Muskel gelähmt; da jedoch der periphere Nerv intakt ist, ist er nicht denerviert. Wenn jedoch eine vollständige Schädigung des peripheren Nervs vorliegt, ist der Muskel nicht nur gelähmt, sondern auch denerviert.

Der gelähmte, aber nicht denervierte Muskel wird, wie der gesunde Muskel, mit Hilfe der **Programme zur Neurostimulation** stimuliert. Dies ermöglicht es, muskuläre Kontraktionen durch die Erregung des motorischen Nervs zu erreichen. Der paralyisierte und denervierte Muskel, der die Funktion seines motorischen Nervs verloren hat, kann nur durch direkte Erregung seiner Muskelfasern stimuliert werden. Diese Technik erfordert die **Verwendung von Programmen zur Neurostimulation und für denervierte Muskeln**.

Wenn die Bewegungsfähigkeit eines Muskels nur teilweise verloren und ein gewisses Maß an willentlicher Kontraktion möglich ist, spricht man von Parese, also einer Schwächung der Kontraktilität. Die Parese kann durch eine Verletzung der zentralen Nerven oder der peripheren Nerven verursacht werden. Im Falle einer teilweisen Verletzung des peripheren Nervs besteht der von Parese betroffene Muskel aus einer Mischung aus denervierten und innervierten Muskelfasern. Bei einer Parese durch Verletzung der zentralen Nerven sind dagegen alle Muskelfasern normal innerviert.

Der von einer Parese durch Verletzung der zentralen Nerven betroffene Muskel wird mit Hilfe der **Programme zur Neurostimulation stimuliert**, wobei Stromimpulse erzeugt werden, um die Motoneuronen zu erregen. Dagegen kann man im Fall eines durch die Beeinträchtigung des peripheren Nervs von der Parese betroffenen Muskels die **Programme zur Neurostimulation** oder die **Programme für denervierte Muskeln** verwenden, je nachdem, ob die innervierten oder die denervierten Fasern stimuliert werden sollen. Um ausschließlich auf die innervierte Partie des Muskels einzuwirken, werden die Motoneuronen mit den **Programmen zur Neurostimulation** erregt. Wenn dagegen nur die denervierten Muskelfasern stimuliert werden sollen, verwendet man die Steigungsimpulse der **Programme für denervierte Muskeln**.

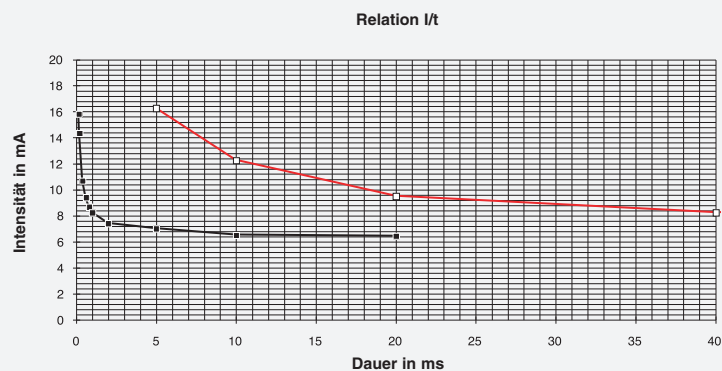
Die Stimulation des normalerweise innervierten Muskels ist in zahlreichen klinischen Situationen von offensichtlichem Nutzen und hat sich als besonders effiziente Methode in der modernen Krankengymnastik erwiesen. Bei der Stimulation des denervierten Muskels ist dies jedoch anders. Die Ansichten sind sehr geteilt und die Ergebnisse von Studien sehr widersprüchlich, was den Nutzen und die Effizienz der Stimulation des denervierten Muskels angeht. Eine aufmerksame Lektüre der zahlreichen Publikationen zu diesem Thema zeigt eine komplette Anarchie in der Wahl der verwendeten Parameter, was jederlei Vergleich zwischen den verschiedenen Arbeiten unmöglich macht. Man ist außerdem verwundert über die unglaubliche Schwäche und die geringe Zuverlässigkeit der angewandten technischen Mittel. So werden zum Beispiel Dreiecksimpulse nach dem Zufallsprinzip programmiert, ohne dass zuvor ein Test der Steigung durchgeführt wurde. Mit seinen **Programmen für denervierte Muskeln** ermöglicht der Compex 3 eine logische Arbeitsweise, ohne dass die Gefahr einer Verbrennung besteht, und bei Bedarf eine echte automatische Steigungsuntersuchung vor dem Beginn der Behandlung durchzuführen.

B: Erregbarkeit der Muskelfasern

Die einzigen erregbaren Zellen, das heißt, die in der Lage sind, ein Aktionspotenzial zu erzeugen, sind die Nervenzelle und die Muskelzelle. Die Erregung wird erzielt durch die Zufuhr einer bestimmten Menge elektrischer Ladungen, wodurch das Ruhepotenzial bis auf einen Wert reduziert wird, den man als Erregungsschwelle bezeichnet. Die Auslösung des Aktionspotenzials wird auf einfache Weise an der Nervenzelle erreicht, indem eine kleine Strommenge angelegt wird. Bei einer Muskelzelle ist dies jedoch schwieriger. Diese Zellen sind weniger leicht erregbar und erfordern eine größere Strommenge zum Erreichen der Erregungsschwelle.

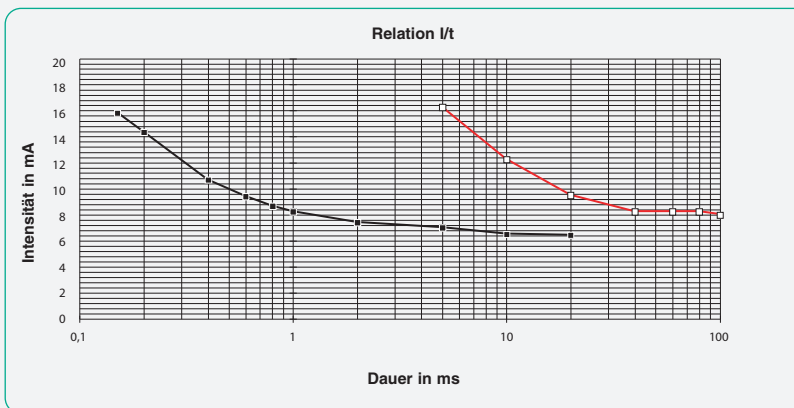
Die mehr oder weniger große Erregbarkeit einer Zelle ergibt sich aus dem Lapicqueschen Gesetz. Dieses beschreibt die Relation zwischen der Stärke eines rechteckigen Stromimpulses und der Mindestdauer, während der der Strom angelegt werden muss, um die Erregung zu erzielen [siehe hierzu die Grundlage der Elektrostimulation im Kapitel Das Grundprinzip der Elektrostimulation]. Die mechanische muskuläre Reaktion oder deren Nichtvorhandensein bestimmen, ob es zur

Erregung kommt oder nicht. Diese mechanische Reaktion zeigt in jedem Fall entweder die Erregung des motorischen Nerven an oder die direkte Erregung der Muskelfasern. Wenn auf einen normalerweise innervierten Muskel Rechteckimpulse angewendet werden, zeigt die beobachtete mechanische Reaktion immer die Erregung des motorischen Nerven an, da die Motoneuronen leichter zu erregen sind als die Muskelfasern. Die mit Rechteckimpulsen beobachtete mechanische Reaktion wird bewirkt durch eine direkte Erregung nur der Muskelfasern, wenn diese der Nervensteuerung entzogen sind, wie es bei einer Denervation der Fall ist. Experimentell kann man die Erregbarkeit der Muskelfasern analysieren und ihre Intensitäts/Dauer-Kurve erhalten, indem man den Patienten kurarisiert. Damit wird die synaptische Übertragung zwischen Motoneuron und motorischer Endplatte blockiert. Das untenstehende Diagramm zeigt einen Durchschnitt der Relation I/t für die Motoneuronen und für die Muskelfasern.



In diesem Diagramm ist der sehr deutliche Unterschied in der Erregbarkeit zwischen Motoneuronen (untere Kurve) und Muskelfasern (obere Kurve) zur erkennen. Die Motoneuronen haben eine mittlere Rheobase von 6,25 mA und eine Chronaxie von 0,250 ms, während die Muskelfasern eine Rheobase von 8 mA und eine Chronaxie von 5 ms aufweisen. Die Differenz der Erregbarkeit ist so, dass der Maßstab der Abszissen disproportioniert ist für die gleichzeitige

Beobachtung der Kurve I/t der beiden Arten von Zellen. Dies verhindert eine detaillierte Beobachtung der einen oder der anderen Kurve. Bei Verwendung eines logarithmischen Maßstabs ist eine detaillierte Beobachtung der beiden Kurven möglich (siehe untenstehendes Diagramm).



Diese Kurven zeigen deutlich, dass es mit Rechteckimpulsen nicht möglich ist, die Muskelfasern eines Muskels, dessen Nervensteuerung intakt ist, direkt zu erregen. Sie ermöglichen uns ebenfalls zu verstehen, dass im Falle einer partiellen Denervation Rechteckimpulse von langer Dauer (mehrere zig ms) nicht nur die denervierten Muskelfasern erregen, sondern auch die Motoneuronen der noch innervierten Partie. Dagegen erregen Rechteckimpulse von kurzer Dauer (mehrere Zehntel ms) lediglich die Motoneuronen, ohne Auswirkung auf die denervierten Muskelfasern zu haben.

Die Aussagen des vorhergehenden Abschnitts müssen jedoch relativiert werden, denn die Erregbarkeitskurven der obenstehenden Diagramme beziehen sich auf gesunde Muskelfasern, die nur durch Kurarisierung ihrer Nervensteuerung entzogen wurden. Bei einem Muskel, der

durch eine Verletzung des peripheren Nerven denerviert ist, ist die Situation anders, denn die Erregbarkeit der gesunden Muskelfasern und der denervierten Muskelfasern ist unterschiedlich. Die Erregbarkeitskurve der denervierten Muskelfasern verschiebt sich nach rechts. Das bedeutet, dass eine denervierte Muskelfaser weniger erregbar ist als eine gesunde Muskelfaser, und zwar umso mehr, je älter die Denervation ist. Darüber hinaus besteht mit der Zeit die Gefahr, dass sich das denervierte Muskelgewebe zu einer Sklerose entwickelt und seine Erregbarkeitseigenschaften verliert.

Wenn also Rechteckimpulse von 10 ms Dauer in der Lage sind, gesunde Muskelfasern zu erregen, sind für denervierte Muskelfasern sehr viel längere Impulse in einer Größenordnung von 100 ms erforderlich.

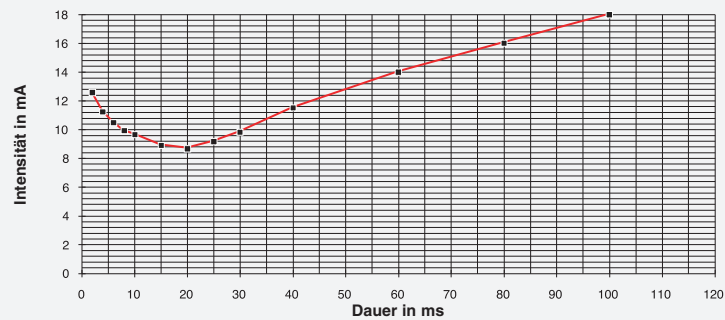
C: Die Akkommodation

Wenn der Strom statt vertikal, wie es bei Rechteckimpulsen der Fall ist, leicht ansteigend angelegt wird (Steigungsstrom oder Dreieckimpuls), muss die Stromstärke höher sein, um eine Erregung zu erzielen. Ab einer bestimmten Steigung muss die Stromstärke umso höher sein, je schwächer die Steigung ist. Dieses Phänomen wird manchmal als Klimalyse bezeichnet. Diese Bezeichnung ist mittlerweile veraltet und man sollte eher von Akkommodation sprechen. Die Akkommodation, das heißt der Anstieg der Erregungsschwelle (siehe Grundlagen zur Elektrophysiologie der Erregung), erklärt,

dass die Intensität des Stroms umso höher sein muss, je geringer die Steigung ist.

Wenn die Steigung des Stroms sehr steil ist, entsteht die Akkommodation sehr schwach, und die Erregbarkeitskurve hat die gleiche Form wie bei Rechteckimpulsen, auch wenn die absoluten Werte unterschiedlich sind. Erst ab einer bestimmten Steigung entwickelt sich das Phänomen der Akkommodation ausreichend, und die Kurve verändert sich durch die Erhöhung der Rheobase.

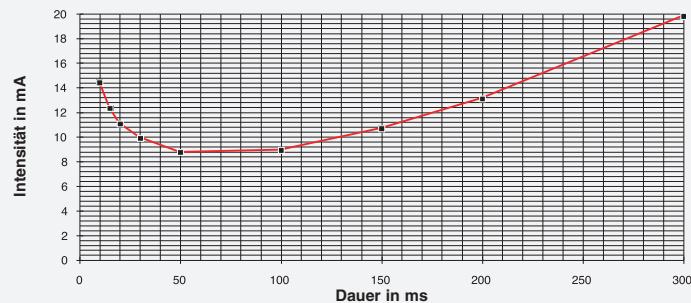
Akkommodations Kurve eines Motoneurons



Das obenstehende Diagramm zeigt eine durchschnittliche Akkommodationskurve für Motoneuronen. Die Erhöhung der Rheobase tritt bei etwa 20 bis 30 ms auf, das heißt, das Phänomen der Akkommodation der Motoneuronen ist bei Steigungen zu beobachten, die in der Regel unter 10 mA in 25 ms betragen (oder 40 mA in 100 ms oder 1 mA in 2,5 ms usw.). Im Diagramm ist außerdem zu erkennen, dass es eine Grenze der Steigung gibt, unterhalb der sich keine Erregung der Motoneuronen mehr erzielen lässt.

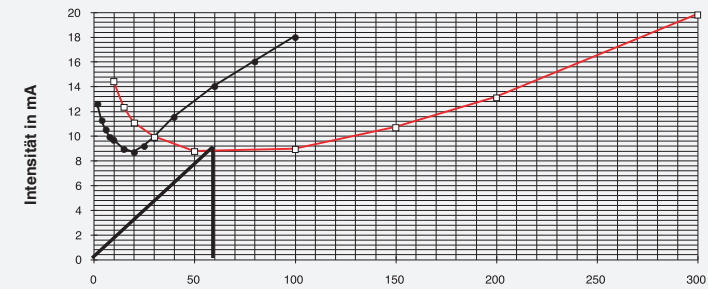
Bei den Muskelfasern erhält man den gleichen Typ der Akkommodationskurve, aber deutlich nach rechts und nach oben verschoben. Diese Kurve kann in ihrer linken Partie nur beobachtet werden, wenn die neuromuskuläre Übertragung blockiert ist, wie dies bei einem kurarisierten Patienten der Fall ist. Zu beachten ist die Differenz im Maßstab der Abszissen: Die Akkommodation erfolgt zwischen 20 und 100 ms bei den Motoneuronen und zwischen 100 und 300 ms bei den Muskelfasern.

Akkommodations Kurve einer Muskelfaser



Der Verlauf der beiden Kurven auf ein und demselben Diagramm ermöglicht uns, einen bemerkenswerten Punkt festzustellen - die Kreuzung der beiden Kurven. Bei Rechteckimpulsen kreuzen sich die Kurven nie. Diese Impulse ermöglichen ausschließlich, zunächst die Motoneuronen zu erregen. Dagegen ist es mit Dreieckimpulsen einer ausreichenden Steigung möglich, direkt die Muskelfasern zu erregen, ohne die Motoneuronen zu erregen.

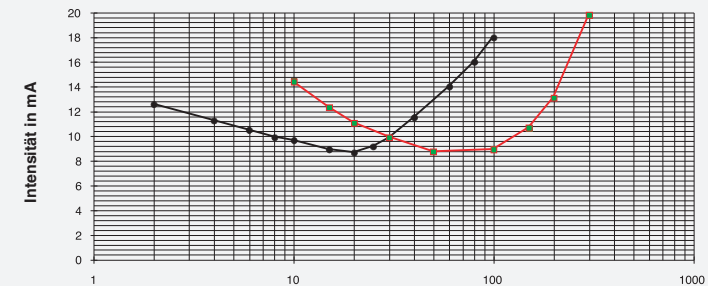
Akkommodations Kurve für Motoneuronen und Muskelfasern



Die Differenz der Werte für Motoneuronen und Muskelfasern ist so erheblich, dass ein Vergleich der beiden Kurven deutlicher mit

einem zeitlich logarithmischen Maßstab erfolgt (siehe untenstehendes Diagramm).

Akkommodations Kurve für Motoneuronen und Muskelfasern

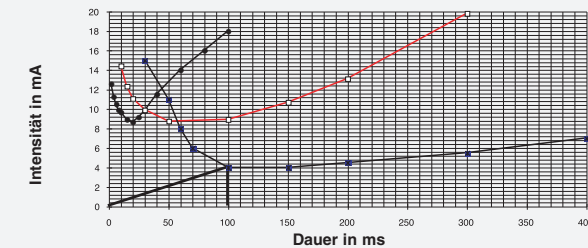


Die Erregbarkeit einer gesunden und einer denervierten Muskelfaser ist unterschiedlich; das gleiche gilt für die Akkommodation. Die Akkommodationskurve einer denervierten Muskelfaser ist nach rechts und nach oben versetzt. Diese Versetzung ist unterschiedlich, je nachdem, ob die Denervation älteren oder jüngeren Datums ist. Wenn die denervierten Muskelfasern sklerosiert sind, verlieren Sie ihre Erregbarkeit, und die Kurve steigt wieder an, wird flacher und verschwindet schließlich.

verschiedenen Zelltypen: Motoneuron, gesunde Muskelfaser und denervierte Muskelfaser. Man kann außerdem erkennen, dass ein Impuls von 4 mA in 100 ms die Erregung der denervierten Muskelfaser ermöglicht, ohne dass die Motoneuronen oder die gesunden Muskelfasern erregt werden. Wenn man die Intensität erhöht, so dass die räumliche Beanspruchung der stimulierten denervierten Fasern gesteigert wird, muss der Impuls verlängert werden, um die gleiche Steigung beizubehalten. Zum Beispiel muss bei einer Intensität von 8 mA statt 4 mA die Impulsdauer 200 ms statt 100 ms betragen!

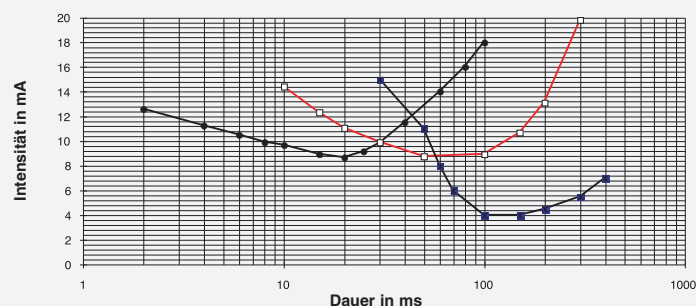
Das untenstehende Diagramm zeigt die Akkommodationskurven für die drei

Akkommodation für Motoneuronen, gesunde und denervierte Muskelfasern



Auch in diesem Fall lassen sich die drei Kurven mit einem logarithmischen Abszissenmaßstab deutlicher voneinander unterscheiden.

Akkommodations Kurven für Motoneuronen, gesunde und denervierte Muskelfasern



D: Wahl der Form und der Parameter der Stromimpulse

Um ein Aktionspotenzial bei einer erregbaren Zelle auszulösen, ist die rechteckige Form immer die geeignetste. Die rechteckige Form ermöglicht es, die elektrischen Parameter auf ihren Minimalwert zu reduzieren und somit ein Höchstmaß an Wohlbefinden und Sicherheit für den Patienten sicherzustellen (siehe Kapitel „Das Grundprinzip der Elektrostimulation“). Die dreieckige Form ist zu wählen, um im Fall eines teilweise denervierten Muskels oder wenn der denervierte Muskel von innervierten Muskeln umgeben ist, eine selektive Erregung der denervierten Muskelfasern zu erreichen.

Wenn ein Muskel normalerweise innerviert ist, erfolgt seine Stimulation durch die Erregung seines motorischen Nervs mit Hilfe von zweiphasigen Rechteckimpulsen von kurzer Dauer (0,15 bis 0,35 ms), die mit den **Neurostimulationsprogrammen** zur Verfügung stehen.

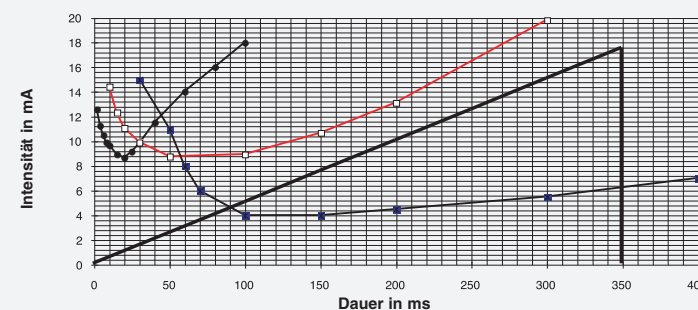
Bei einem teilweise denervierten Muskel ist eine Wahl aus den verschiedenen möglichen Stimulationen zu treffen, je nach klinischen Umständen und Lehrmeinung:

1. Ausschließlich an der innervierten Partie arbeiten, mit Hilfe von zweiphasigen Rechteckimpulsen, so dass eine Hypertrophie der innervierten Fasern erreicht wird, um die denervierten Fasern zu kompensieren (kompensatorische Hypertrophie).
2. Ausschließlich an der denervierten Partie arbeiten, mit Hilfe von Impulsen mit Steigung, mit dem Ziel, die Atrophie teilweise zu verhindern und das Phänomen der Sklerose zu begrenzen, während man auf die Reinnervation wartet. Es muss daher die Steigung bestimmt werden, die zu verwenden ist, um nur die denervierten Fasern zu erregen, nicht jedoch die innervierten Fasern und die Motoneuronen.

Wenn dagegen ein vollkommen denervierter Muskel stimuliert werden soll, müssen Rechteckimpulse von erheblich längerer Dauer (50 bis 200 ms) angewendet werden, da die denervierte Faser nur schwach erregbar ist und somit eine große Menge elektrischer Ladungen bedarf, um ihre Erregungsschwelle zu erreichen. Diese Impulse mit langer Dauer sind nicht zweiphasig, da sonst die Durchgangszeit des Stroms verdoppelt würde, was eine erhebliche Beeinträchtigung des Wohlbefindens des Patienten zur Folge hätte. Um das Problem der chemischen Verbrennung durch Polarisierung zu vermeiden, haben die Impulse abwechselnd die eine und die andere Richtung (ausgeglichene Impulse). Diese ausgeglichenen Impulse sind für die bipolare Behandlung des denervierten Muskels gut geeignet, da der Reizpunkt nicht mehr vorhanden ist.

Eine Untersuchung der Steigung ist daher unabdingbar. Sie erfolgt durch das automatische System des Compex mit einem Impuls von 100 ms oder - noch besser - nach der Erstellung der Akkommodationskurve, die die Wahl einer eventuell kürzeren Impulsdauer erlaubt. Sobald die Steigung einmal festgelegt ist, passt der Compex die Dauer des Impulses automatisch an die verwendete Intensität an, um die Steigung konstant zu halten (siehe untenstehendes Diagramm). Diese Impulse mit Steigung müssen ausgeglichen sein, um einen elektrischen Mittelwert von Null zu erhalten und somit chemische Verbrennungen zu vermeiden

Konstante Steigung



3. Gleichzeitig an der denervierten Partie und an der innervierten Partie arbeiten, mit Hilfe von Rechteckimpulsen langer Dauer (100 ms). Diese Möglichkeit scheint jedoch wenig interessant zu sein, denn die erzielte mechanische Reaktion ist zunächst die der innervierten Partie, und man kann nicht wissen, ob die Intensität ausreicht, um eine gute räumliche Beanspruchung der denervierten Fasern zu erzielen. Darüber hinaus erfolgt die Stimulation der innervierten Partie mit viel zu großen Impulsen, die zum einen durch den Schmerz eine gute räumliche Beanspruchung verhindern und zum anderen keine normalen physiologischen Frequenzen der Funktion der motorischen Einheiten erlauben.

4. Abwechselnd an den innervierten Fasern (wie bei 1) und den denervierten Fasern arbeiten (wie bei 2).

VORGEHENSWEISE

A: Einführung

Nach dem heutigem Kenntnisstand kann man nicht mit Gewissheit sagen, dass die Elektrostimulation die Reinnervation eines partiell oder komplett denervierten Muskels beeinflussen kann.

Die Elektrostimulation von denervierten Muskelfasern ist jedoch unumgänglich, da sie die einzige, wirklich effiziente Methode zur Erhaltung einer gewissen Trophik und zur Einschränkung einer Sklerose dieser Muskelfasern während deren eventuellen Reinnervation darstellt.

Nach langen Monaten der Krankheit ist nichts deprimierender als die funktionelle Behinderung feststellen zu müssen durch Muskeln, die zwar reinnerviert sind, aber deren Sklerosezustand keine zufriedenstellende Nutzung ermöglicht.

Die Stimulation ermöglicht eine Einschränkung der Muskelatrophie und Vorbeugung einer Sklerose des denervierten Muskels, ist jedoch bei denervierten Muskelfasern nutzlos, wenn keine Hoffnung mehr auf eine Reinnervation besteht.

Die Auswahl von Form und Parameter des Impulses wird anhand des Denervationzustands des Muskels bestimmt: Handelt es sich um eine partielle oder komplette Denervation? Daher soll man vor jeder Behandlung eines denervierten Muskels durch Elektrostimulation die beiden folgenden Fragen beantworten:

1 - Besteht die Aussicht einer Reinnervation? Anders ausgedrückt: Wurde die Frist einer Reinnervation überschritten oder nicht?

2 - Ist der Muskel komplett oder partiell denerviert?

B: Behandlungsrelevante Elemente

1 Ist die Frist der Reinnervation überschritten?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen die folgenden drei Punkte bekannt sein:

- A** der Zeitpunkt der Verletzung
- B** die Stelle der Verletzung
- C** die Geschwindigkeit der Nervenfaserverregeneration

- Die Befragung des Patienten ermöglicht normalerweise die Bestimmung von Alter und Lokalisierung der Verletzung.
- Die Regenerationsgeschwindigkeit des verletzten Nervs beträgt ungefähr einen Millimeter pro Tag oder drei Zentimeter pro Monat.
- Die einfache folgende Berechnung ermöglicht die Bestimmung der Reinnervationsfristen:

Abstand in cm zw. Nervenverletzung und
motorischem Reizpunkt d. denervierten Muskels

Geschwindigkeit Nervenfaserverregeneration
(= 3 cm pro Monat)

=

Reinnervationsfrist

2 Komplette oder partielle Denervation?

Wie können wir feststellen, ob der Muskel komplett oder partiell denerviert ist?

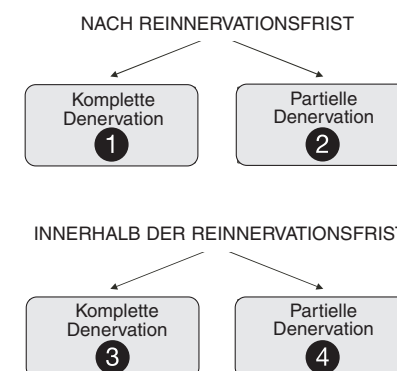
- Das Elektromyogramm ist natürlich die Untersuchung der Wahl, aber es muss jüngeren Datums sein und die Ergebnisse müssen dem Physiotherapeuten bekannt sein, was in der Praxis nicht immer der Fall ist.
- Der Muskeltest ist oft hilfreich. Bei manchen Muskeln jedoch, v.a. wenn nur noch wenige innervierte Muskelfasern vorhanden sind, ist die tatsächliche analytische Muskelkontraktion aufgrund der vorhandenen Aktivität der Agonisten schwer festzustellen.
- Es gibt jedoch eine einfache und leicht nachvollziehbare Methode, um den Denervationszustand eines Muskels zu bestimmen. Die rechteckigen biphasischen Mikroimpulse (von einer Dauer zwischen 0,15 und 0,35 ms) können nur die Nerven reizen, jedoch nicht direkt die denervierten Muskelfasern. Ein Test mit einer Atrophiebehandlung ist daher ausreichend. Wird trotz hoher Intensitätsstufen keine Reaktion beobachtet, kann der Muskel als komplett denerviert eingestuft werden. Wird hingegen eine noch so geringe Kontraktion festgestellt, handelt es sich um einen partiell denervierten Muskel.

C: Praktische Behandlung

Es ist daher wichtig, die beiden wesentlichen Punkte für eine praktische Behandlung zu kennen:

- Es besteht Aussicht auf eine Reinnervation, oder die Denervation ist endgültig.
- Der Muskel ist partiell oder komplett denerviert.

Es gibt vier mögliche Situationen:



Die praktische Behandlung ist an die jeweilige Situation anzupassen:

**Situation 1:
Komplette Denervation, nach
Reinnervationsfrist**

Die Elektrostimulation mittels der Programme **Denerviert** ist aussichtslos, da ein endgültig denervierter Muskel immer von Atrophie oder Sklerose betroffen sein wird.

**Situation 2:
Partielle Denervation, nach
Reinnervationsfrist**

Die Atrophie und Sklerose endgültig denervierter Muskelfasern ist unvermeidbar.

In diesem Fall ist die Stimulation dieser Muskelfasern mit den Programmen **Denerviert** nicht angezeigt.

Man kann jedoch mit den rechteckigen biphasischen Mikroimpulsen der Neurostimulation an der innervierten Muskelpartie arbeiten, um eine kompensatorische Hypertrophie der Muskeln zu erlangen.

**Situation 3:
Komplette Denervation, in
Reinnervationsfrist**

In Erwartung einer möglichen Reinnervation ist es wichtig, eine Atrophie so weit wie möglich zu vermeiden und eine Sklerose einzuschränken.

Die Stimulation der nicht innervierten Muskeln mit breitbandigen Rechteckimpulsen der Programme **Denerviert** ist in diesem Fall die Technik der Wahl.

**Situation 4:
Partielle Denervation, in
Reinnervationsfrist**

Es ist wichtig, der Atrophie denervierter Muskelfasern vorzubeugen und ihre Sklerosierung zu vermeiden. Dazu sind die steilen Dreieckimpulse der Programme **Denerviert** zu benutzen.

Je nach Fall kann es von Interesse sein, mit den rechteckigen, biphasischen Mikroimpulsen aus den Neurostimulationsprogrammen an der innervierten Muskelpartie zu arbeiten.

D: Zusammenfassung

	nach Reinnervationsfrist	innerhalb der Reinnervationsfrist
KOMPLETTE DENERVATION	 Eine Stimulation ist belanglos	 Lange Rechteckimpulse (100 ms im Automatikmodus)
PARTIELLE DENERVATION	 Biphasische, kurze Rechteckimpulse (200 bis 400 µs)	 Lange Dreieckimpulse Ggf.:  bei innervierten Muskelfasern

94

Ödem

95

Ödem

Ödem

Durch die Anwendung eines direkt gepulsten Stroms lässt sich das Volumen des posttraumatischen Ödems während der ersten drei oder vier Tage seiner Bildung reduzieren. Taylor konnte bereits nach einer 30-minütigen Sitzung eine Verringerung des Ödems nachweisen. Die Verbesserung hielt aber nur vorübergehend an (etwa 6 Stunden). Um eine anhaltende Wirkung zu erzielen, muss die Behandlung dreimal täglich wiederholt werden. Zwischen den Sitzungen werden weiterhin die üblichen Behandlungstechniken zur Reduzierung der Ödembildung (Kältebehandlung, Kompressionsverband, Hochlagerung...) angewendet, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

Die Wirkungsmechanismen des direkten gepulsten Stroms (Strom aus monophasischen Impulsen) werden noch diskutiert. Die Hypothese einer vasokonstriktorisches (gefäßverengenden) Wirkung wurde von Karnes ausgeschlossen. Die wahrscheinlichste Hypothese ist die örtliche Reduzierung von Proteinsubstraten, entweder durch die Verringerung der Membranpermeabilität der Gefäße oder die Inhibition einer Organisation von Proteinmolekülen bzw. eine Kombination der beiden Wirkmechanismen.

Unsere Vorgehensweise gestaltet sich demnach folgendermaßen:

A - Wir arbeiten mit rechteckigen, kompensierten Konstantstromimpulsen von 120 Hz.

B - Der ödematöse Bereich wird mit einer oder mehreren negativen Elektroden (Kathoden) abgedeckt. Die positiven Elektroden werden oberhalb dieses Bereichs angebracht.

C - Die optimale Impulsbreite wurde experimentell bestimmt. Sie beträgt 150 µs.

D - Die Intensität der Stimulation wird 10 % unterhalb der motorischen Schwelle gehalten. 1 Behandlung = 0,9 motorische Schwelle.

E - Die Behandlungsdauer beträgt mindestens 30 Minuten.

Spezifische Indikationen der Elektrostimulation

Behandlung einer funktionellen Atrophie (Standardprotokoll)

Seite 99

Rehabilitation der MM. Peronei nach Distorsion des Sprunggelenks

Seite 100

Arbeit der Lendenmuskeln zur Prävention oder Behandlung von Lumbalgie

Seite 101

Behandlung von Chondropathia patellae

A Externe Subluxation

Seite 102

B Posttraumatisch

Seite 103

Plastischer Ersatz des vorderen Kreuzbandes (VKB)

Seite 103

Rehabilitation der Gesäßmuskeln nach einer Hüftprothese

Seite 105

Rehabilitation Schulter

Seite 106

Aufsuchen eines motorischen Reizpunktes

Seite 111

Sympathische Algoneurodystrophie

Seite 113

Endorphin-Behandlung von Rückenschmerzen und Radikulitiden

Seite 116

Behandlung von Harninkontinenz

Seite 122

Hemiplegie - Spastizität

Seite 125

Behandlung von Hyperhidrose durch Iontophorese

Seite 131

Behandlung eines traumatischen Ödems

Seite 131

Elektrostimulation denervierter Muskeln

Seite 133

Behandlung einer funktionellen Atrophie (Standardprotokoll)

Traumen des Bewegungsapparats können äußerst unterschiedliche Folgen haben (Frakturen, Verstauchung, Luxation, usw.) und ziehen verschiedenartige funktionelle Auswirkungen nach sich.

Trotz der immensen Fortschritte der orthopädischen Medizin sind die verschiedenen, für gewöhnlich zur Anwendung kommenden Behandlungen stets mit einer Periode einer mehr oder weniger strengen Ruhigstellung unterschiedlicher Dauer des betroffenen Bereichs verbunden. Die Folge ist stets eine erhebliche Verminderung – wenn nicht vollständige Unterbrechung – der üblichen Aktivität der Muskeln der verletzten Region mit der Folge einer schnell eintretenden Atrophie (Verminderung des Volumens und der Kontraktionseigenschaften des Muskelgewebes), die in manchen Fällen die zukünftige Bewegungsfähigkeit des Patienten gefährden kann.

Inzwischen weiß man genau über die physiologischen Mechanismen der Veränderung der verschiedenen Muskelfasern unter derartigen Bedingungen Bescheid, so dass äußerst spezifische Behandlungen angeboten werden können, die optimale Erfolge versprechen.

Dieses Standardprogramm empfiehlt sich für die Mehrzahl der funktionellen Atrophien. Dieses Protokoll kann jedoch der Pathologie, dem Behandlungsziel und dem Erholungsrythmus des Patienten angepasst werden.

METHODE

1 - Protokoll

- **Muskelatrophie** Stufe 1:
Wochen 1 – 2
In den beiden ersten Behandlungswochen werden folgende 3 Ziele angestrebt und erreicht:
- Die Muskelsteife wird behoben.
- Der Patient wird mit der Technik des NMES vertraut gemacht, damit er mit einer höheren Stimulationsenergie arbeiten kann.
- Es gibt erste Anzeichen für einen Rückgang der Atrophie (leichte Zunahme des Volumens, erhöhter Muskeltonus...)
- **Muskelatrophie** Stufe 2:
Wochen 3 – 6
Das Ziel dieser Stufe ist der Wiederaufbau eines faktisch normalen Muskelvolumens.
- **Muskelkräftigung** Stufe 1:
Wochen 7 – 8

Das Ziel dieser Stufe ist die Wiedererlangung der höchsten von diesem Muskel oder dieser Muskelgruppe erreichbaren Kraft.

2 - Behandlungsablauf

Täglich ein bis zwei Sitzungen (bei täglich zwei Sitzungen muss zwischen den beiden Sitzungen eine ausreichend lange Ruhezeit eingelegt werden).

Minimum: 3 Sitzungen pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

Bei der Neurostimulation zu anregend-motorischen Zwecken gilt folgende Regel: eine oder mehrere kleine positive Elektrode/n auf dem/den motorischen Reizpunkt/en des Muskels und eine negative Elektrode auf einem Ende desselben Muskels anbringen. Am besten Sie orientieren sich an dem auf Seite 100, Poster 7 angegebenen Schema zum Anbringen der Elektroden.

Die exakte Platzierung der positiven Elektrode auf dem motorischen Reizpunkt sorgt für einen erhöhten Komfort, eine optimale räumliche Beanspruchung und eine damit einhergehende höhere Wirksamkeit der Behandlung. Deshalb sollte bei der ersten Sitzung die genaue Lage des motorischen Reizpunktes des Muskels lokalisiert und mit einem Hautstift für die folgenden Sitzungen gekennzeichnet werden.

Weitere Informationen zur Lokalisierung des motorischen Reizpunktes finden Sie in diesem Handbuch auf Seite 111.

4 - Körperposition

Die Stimulation eines verkürzten Muskels ist unangenehm und wird schnell schmerzhaft, da in dieser Position ein Krampfeindruck entsteht. Diese Position muss daher vermieden werden. Die Körperposition muss so gewählt werden, dass der stimulierte Muskel mittelstark verkürzt ist. Die Enden der stimulierten Extremitäten müssen gut befestigt werden, damit die elektrisch hervorgerufene Stimulation keine Bewegungen verursachen kann. Die Stimulation erfolgt durch isometrische Kontraktionen.

5 - Stimulationsenergie

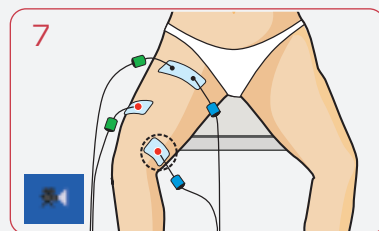
Bei der NMES steht die Stimulationsenergie in einem direkten Verhältnis zur räumlichen Beanspruchung: je höher die Stimulationsenergie, desto mehr motorische Einheiten werden einbezogen und desto größere Fortschritte werden erzielt.

Deshalb gilt folgende Regel: Versuchen Sie stets, die Energie so hoch anzusetzen, wie sie der Patient gerade noch erträgt. Der Therapeut spielt dabei eine äußerst wichtige Rolle. Er muss den Patienten ermuntern und ihn motivieren, eine Energie zu ertragen, die kräftige Kontraktionen hervorruft. Die Energie muss sowohl im Laufe der Sitzung als auch von einer Sitzung zur anderen erhöht werden, ein schnell einsetzender Gewöhnungseffekt gewährleistet dies.

Bei Problemen mit dem Erreichen eines zufriedenstellenden Energieniveaus erleichtert eine willentliche Kontraktion vor der eintretenden NMES das Erreichen einer höheren Energie. Die dadurch verbesserte räumliche Beanspruchung macht die Stimulation angenehmer und die Energie

kann nach und nach erhöht werden.

Dafür bietet die Funktion **Mi-ACTION** eine hervorragende Hilfestellung, da der Patient seinen Muskel zur Aktivierung der Elektrostimulation willentlich kontrahieren und begleiten muss. (Weitere Einzelheiten finden Sie in der Gebrauchsanweisung)



Rehabilitation der MM. Peronei nach Distorsion des Sprunggelenkes

Die MM. peronei (M. peroneus longus, M. peroneus brevis) haben die Aufgabe, die Stabilität des unteren Sprunggelenkes zu gewährleisten und die Supination (Inversion) zu verhindern. Nach einem Distorsionstrauma unterliegen diese Muskeln einer teilweisen Atrophie, einem Verlust der propriozeptiven Reflexe und einem erheblichen Kraftverlust bedingt durch den Funktionsverlust, durch reflektorische Inhibitionsphänomene und durch die Ruhigstellung. Nach einer derartigen Verletzung müssen deshalb hauptsächlich die seitlichen Peronei rehabilitiert werden, um Wiederholungen vorzubeugen.

Um ihrer Funktion bestmöglich zu entsprechen, sollten die MM. peronei in der Lage sein, kurzen und intensiven Belastungen zu widerstehen. Sie müssen also fähig sein, mit einer starken und kurzen Kontraktion zu reagieren, sobald die Beanspruchung, der das Gelenk ausgesetzt ist bewirken könnte, dass der Knöchel nach innen umknickt. Wir erkennen somit zwei wesentliche Aspekte der Rehabilitation dieser Muskeln:

1 - Der propriozeptive Reflex

Erlaubt der Peronealmuskulatur, sich im richtigen Moment zu kontrahieren. Diesem Aspekt der Rehabilitation wird am besten durch Übungen auf den klassischen „Gleichgewichtsbrettern“ (nach Freeman) nachgekommen.

2 - Die Muskelkräftigung

Erlaubt der Peronealmuskulatur, sich mit

genügender Kraft zu kontrahieren, um sich der Belastung am Sprunggelenk effizient zu widersetzen. Diesem Aspekt der Rehabilitation wird man am besten durch Kontraktionsübungen der Mm. peronei mittels Elektrostimulation nachkommen, indem Programme zur Entwicklung von Explosivkraft angewendet werden. Tatsächlich ist nur diese Methode in der Lage, die Kraft dieser Muskeln wirksam zu entwickeln, da es praktisch unmöglich ist, an dieser Stelle eine entsprechende Belastung mit aktiver Arbeit zu realisieren!

METHODE

1 - Protokoll

Frühzeitige Behandlung:

- **Muskelkräftigung** Stufe 1: Wochen 1 – 2
- **Muskelkräftigung** Stufe 2: Wochen 3 – 4

Späte Behandlung:

- **Muskelatrophie** Stufe 2: Wochen 1 – 2
- **Muskelkräftigung** Stufe 1: Wochen 3 – 4
- **Muskelkräftigung** Stufe 2: Wochen 5 – 6

Bei akuten Schmerzen wird empfohlen, die Muskelstimulation mit dem Programm **TENS** zu kombinieren, um die Anwendung komfortabler zu machen und dadurch die Stimulationsenergie für eine größere Wirksamkeit bei der Stimulation leichter erhöhen zu können.

2 - Behandlungsablauf

Dreimal pro Woche. Nach der Sitzung mit propriozeptiven Übungen oder alternierend alle 2 Tage.

3 - Elektrodenplatzierung

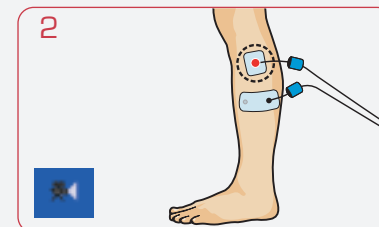
Zur Stimulation der seitlichen Unterschenkelmuskeln genügt ein Kanal. Eine kleine positive Elektrode wird unterhalb des Tibiaköpfchens befestigt, wo der N. peroneus communis verläuft. Die große negative Elektrode wird auf halber Höhe an der Außenseite des Beins angelegt (siehe Zeichnung N°2).

4 - Körperposition

Zunächst sitzt der Patient auf dem Behandlungstisch. Seine bloßen Füße dürfen den Boden nicht berühren. Der Therapeut erhöht in dieser Position

allmählich die Stimulationsenergie, bis die motorische Reaktion in Form einer Neigung des Fußes erfolgt.

Sobald diese Reaktion einsetzt (meist nach 2 oder 3 Kontraktionen), stellt sich der Patient mit bloßen Füßen aufrecht hin. Diese Position ist besonders wichtig, da sie gleichzeitig eine propriozeptive Anstrengung mit eventuell ansteigendem Schwierigkeitsgrad (bipodal, monopodal, Gleichgewichtsbrett...) erfordert.



Arbeit der Lendenmuskeln zur Prävention oder Behandlung von Lumbalgien

METHODE

1 - Protokoll

Muskelatrophie Stufe 1: Wochen 1 - 4. In schmerzhaften Situationen wird empfohlen, die Muskelstimulation mit dem Programm **TENS**, zu kombinieren, um die Anwendung komfortabler zu machen und die Stimulationsenergie für eine größere Wirksamkeit bei der Stimulation leichter erhöhen zu können.

2 - Behandlungsablauf

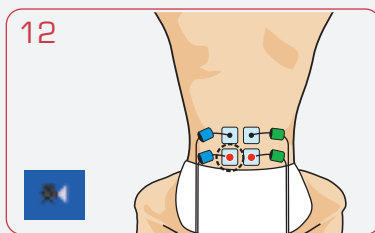
5 Sitzungen pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

Man verwendet 2 Kanäle, einen für die rechte Seite, den anderen für die linke. Zwei kleine positive Elektroden werden jeweils eine Fingerbreite von den Dornfortsätzen auf das Muskelrelief in Höhe L 4 gesetzt. Zwei kleine negative Elektroden werden zwei fingerbreit von der Elektrode entfernt auf dem Muskelrelief angebracht (siehe Zeichnung N°12).

4 - Körperposition

Der Patient sitzt aufrecht auf einem harten Stuhl oder befindet sich in Bauchlage mit einem großen Polster unter dem Bauch, das das Becken 15 bis 20 cm von der Oberfläche des Behandlungstisches anhebt.



Behandlung von Chondropathia patellae

Zwei verschiedene Arten von Chondropathia patellae sind in Betracht zu ziehen:

1

Mit Störungen der Statik, d.h. externe Subluxationen der Patella mit externem lateralen Überdruck

2

Ohne Störungen der Statik, d.h. vor allem posttraumatische Chondropathien

Die vorgeschlagenen Behandlungen basieren auf den von Dr. Gobelet (Hôpital Universitaire de Lausanne, Abteilung für physikalische Medizin) durchgeführten Studien sowie auf den Arbeiten von Dr. Drhezen (Ecole Supérieure de Kinésithérapie, Lüttich).

1) Externe Subluxation

Diese Störung der Statik wird im wesentlichen verursacht durch ein Ungleichgewicht zwischen den verschiedenen Muskelköpfen des Quadrizeps. Es besteht eine relative Schwäche des inneren Schenkelmuskels gegenüber dem äußeren, die eine seitliche Verlagerung der Patella nach außen und einen Überdruck zwischen dem Condylus lateralis und der darüber liegenden Fläche der Patella zur Folge hat. Die spezifische Stärkung des inneren Schenkelmuskels, die nur durch Elektrostimulation realisierbar ist, ist bei diesem pathologischen Zustand die Behandlung der Wahl.

METHODE

1 - Protokoll

- **Patellasyndrom** Stufe 2: Wochen 1 – 2
- **Patellasyndrom** Stufe 3: Wochen 3 – 4

Bei akuten Schmerzen wird empfohlen, die Muskelstimulation mit dem Programm **TENS** zu kombinieren, um die Anwendung komfortabler zu machen und dadurch die

Stimulationsenergie für eine größere Wirksamkeit bei der Stimulation leichter erhöhen zu können.

2 - Häufigkeit der Behandlung

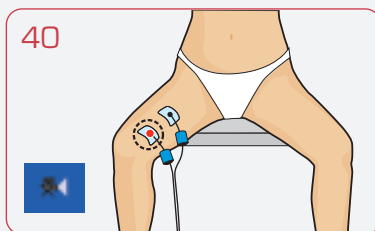
Dreimal wöchentlich

3 - Elektrodenplatzierung

Eine kleine positive Elektrode wird auf dem motorischen Reizpunkt des M. vastus med. angelegt. Eine kleine negative Elektrode wird etwa auf halber Oberschenkelhöhe auf dem M. vastus med. angelegt (siehe Zeichnung 40). Bei dieser Platzierung der Elektroden arbeitet der M. vastus med. ausschließlich analytisch, was bei willentlich gesteuerten Übungen unmöglich zu bewerkstelligen ist.

4 - Körperposition

Die ausschließlich analytische Kontraktion des M. vastus med. verschiebt die Kniescheibe nach oben und innen, zentriert sie auf diese Weise und senkt den Druck auf die Gelenke des äußeren Teils des Knies. Dies ermöglicht normalerweise, eine sitzende Position mit zwischen 60 und 90 Grad gebeugtem Knie einzunehmen, so dass man eine hohe Stimulationsenergie am M. vastus med. erreicht. Der Knöchel des Patienten ist am Fuß des Behandlungstisches fixiert, auf dem der Patient sitzt. Wenn der Patient über Schmerzen in dieser Position klagt, können die ersten Sitzungen mit gestrecktem Bein durchgeführt werden. Anschließend sollte versucht werden, wieder zur Behandlung mit angewinkeltem Bein zurückzukehren.



2) Posttraumatisch

Wiederholte Traumen des Kniegelenks, wie sie durch bestimmte Sportarten verursacht werden, können Läsionen des Gelenkknorpels der Kniescheibe nach sich ziehen mit der Folge von Schmerzen unterschiedlicher Intensität und einem Phänomen der Reflexhemmung, das für eine Atrophie des gesamten Quadrizeps verantwortlich ist. Die daraus resultierende Insuffizienz des Quadrizeps gefährdet die aktive Stabilität des Gelenks und verstärkt die Schmerzen. Dieser Teufelskreis kann dank der Elektrostimulation des Quadrizeps mit dem Programm **Patellasyndrom** durchbrochen werden, dessen Parameter speziell angepasst sind, um keine unerwünschten Wirkungen auf die Kniescheibe zu verursachen. Da die Knorpelläsionen jedoch irreversibel sind, ist es stets empfehlenswert, durch eine Erhaltungsbehandlung für die Aufrechterhaltung der erzielten Nutzeffekte zu sorgen. Das nachstehend beschriebene Protokoll ist auch zur Rehabilitation von femuropatellaren Gonarthrosen geeignet.

METHODE

1 - Protokoll

- **Patellasyndrom** Stufe 1: Woche 1
- **Patellasyndrom** Stufe 2: Wochen 2 – 3
- **Patellasyndrom** Stufe 3: Woche 4, dann Weiterbehandlung zum Erhalt der erzielten Ergebnisse.

Bei akuten Schmerzen wird empfohlen, die Muskelstimulation mit dem Programm **TENS** zu kombinieren, um die Anwendung komfortabler zu machen und dadurch die Stimulationsenergie für eine größere Wirksamkeit bei der Stimulation leichter erhöhen zu können.

Plastischer Ersatz des vorderen Kreuzbandes (VKB)

Der Riss des vorderen Kreuzbandes (VKB) des Knies gehört zu den häufigsten Unfällen in der Sporttraumatologie. Die VKB-Chirurgie entwickelte sich in den letzten Jahrzehnten ständig weiter und hat besonders durch den Einsatz von arthroskopischen Techniken beträchtliche Fortschritte gemacht. Da die Rehabilitation der verletzten Sportler nunmehr wesentlich schneller verläuft, können diese deutlich früher als bisher wieder einer sportlichen Tätigkeit nachgehen. Vor

2 - Häufigkeit der Behandlung

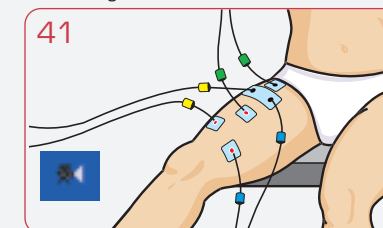
Fünf Sitzungen pro Woche in den ersten vier Wochen, nach vier Wochen eine Sitzung pro Woche, um die erzielten Ergebnisse zu erhalten.

3 - Elektrodenplatzierung

Da mit gestrecktem Knie gearbeitet werden muss, um keinen Überdruck an der hinteren Seite der Kniescheibe zu erzeugen, benutzt man für den Quadrizeps 3 Stimulationskanäle. Diese Position verkürzt den Quadrizeps, was für die Technik der Elektrostimulation ungünstig ist, da der Patient in dieser Position die Kontraktion meist als unangenehm oder sogar schmerzhaft empfindet (Eindruck eines Krampfes). Der Einsatz einer hohen Stimulationsenergie, die eine hohe räumliche Beanspruchung garantiert, kann bei manchen sensiblen Patienten schwer fallen. Der dritte Stimulationskanal erlaubt es, dieses Problem zu kompensieren, und die räumliche Beanspruchung und damit die Wirksamkeit der Behandlung zu optimieren. Die drei kleinen positiven Elektroden werden auf die jeweiligen motorischen Reizpunkte des M. vastus med., des M. vastus lat. und des M. gluteus max. angelegt. Eine große negative Elektrode wird auf dem Oberschenkelansatz angelegt, eine weitere kleine in diesem Fall negative Elektrode wird knapp oberhalb gesetzt (siehe Zeichnung N°41).

4 - Körperposition

Der Patient liegt auf dem Rücken und hält das Bein gestreckt.



propriozeptiven Reflex entgegenzutreten. Eine der Folgen der Operation ist stets eine markante Amyotrophie des Quadrizeps, deren Behandlung eines der wichtigsten Ziele einer Therapie sein muss.

Bei der Rehabilitation des Quadrizeps ist in den ersten 3 bis 4 Monaten die Arbeit in offener kinetischer Kette unbedingt zu vermeiden, da das unerwünschte vordere Schubladenphänomen der Tibia hervorgerufen kann, das während der Phase der Vaskularisation eine Gefahr für das Sehnenimplantat darstellen kann. Die in diesem Kapitel beschriebene Methode beschreibt ein NMES-Protokoll, das für die Problematik der Kreuzbandplastik besonders geeignet ist und jedes Risiko einer Sekundärläsion des plastischen Ersatzes ausschließt. Diese Sicherheit ist durch die Anwendung eines speziellen VKB-Programms gewährleistet, bei dem der Quadrizeps und die ischiokrurale Muskelgruppe mit einer geeigneten sequentiellen Stimulation behandelt werden.

Bitte beachten: Dieser besondere Modus der Stimulation schließt den Modus **M2-ACTION** AUS.

Wird bei dem plastischen Ersatz die Kniekehle als Implantat verwendet, kann die NMES innerhalb kürzester Zeit beginnen. Wenn gedoppelte Semitendinosus- und Gracilis-Sehnen verwendet werden, um das vordere Kreuzband zu rekonstruieren, darf NMES nicht vor Ende einer angemessenen Standardheilungsperiode angewendet werden.

METHODE

1 - Protokoll

UKB:

Wochen 1 – 16

In den ersten zwei Wochen der Behandlung müssen die folgenden 3 Ziele verfolgt und erreicht werden:

- Behebung der Muskelsteife
- Der Patient wird mit der Technik der NMES vertraut gemacht, damit er mit hohen Stimulationsintensitäten arbeiten kann.
- Erste Anzeichen für einen Rückgang der Atrophie (leichte Zunahme des Volumens, erhöhter Muskeltonus...)

Während der folgenden Wochen besteht das Ziel darin, ein nahezu normales Muskelvolumen wiederherzustellen.

Ist Rehabilitation als offene kinetische Kette angezeigt, meist am Ende des 4. Monats nach einer OP, kann NMES auf dem Quadrizeps mit dem Programm **Muskelkräftigung** Stufe 1 und dann Stufe 2 eingesetzt werden.

2 - Behandlungsablauf

Täglich eine oder zwei Sitzungen (bei zwei Sitzungen täglich muss zwischen den

Sitzungen eine ausreichende Ruhepause eingelegt werden)
Minimum: 3 Sitzungen pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

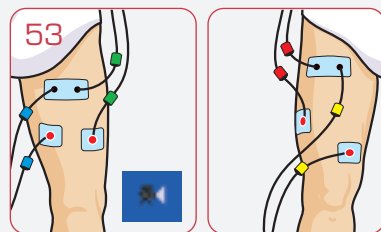
Die Reihenfolge der Stimulationssequenzen erfordert die Einhaltung der Nummerierung der Kanäle, da die Stimulation der ischiokruralen Muskulatur vor jener des Quadrizeps beginnen muss. Die Kanäle 1 und 2 werden zur Stimulation der ischiokruralen Muskelgruppe genutzt, die Kanäle 3 und 4 zur Stimulation des Quadrizeps. Bei beiden Muskelgruppen sollten die kleinen positiven Elektroden genau auf die in Zeichnung N° 53, eingezeichneten motorischen Reizpunkte aufgesetzt werden. Noch besser ist es, die motorischen Reizpunkte wie in den Anweisungen auf Seite 111 dieses Handbuchs beschrieben zu lokalisieren.

4 - Körperposition

Die ersten Sitzungen, bei denen die Muskelsteife behoben werden soll, können mit ausgestrecktem Bein durchgeführt werden. Unter die Kniekehle sollte dabei ein Polster gelegt werden. Bei den folgenden Sitzungen sitzt der Patient mit bequem angewinkelten Beinen. Wenn die Mobilität des Gelenks wiederhergestellt ist, sollte das Knie im Idealfall in einem Winkel zwischen 60° und 90° gebeugt werden.

5 - Stimulationsenergie

Aufgabe des Therapeuten ist es, wie stets in der NMES, den Patienten dazu zu ermuntern, mit einer möglichst hohen Stimulationsenergie zu arbeiten. Mit den **UKB**-Programmen kann wegen des besonderen Modus der sequentiellen Stimulation die Energie der Kanäle 3 und 4 nicht eingestellt werden, ohne vorher die Kanäle 1 und 2 eingestellt zu haben. Es handelt sich dabei um eine zusätzliche Sicherheit, die die Kontraktion des Quadrizeps ohne vorhergehende Kontraktion der ischiokruralen Muskelgruppe ausschließt. Patienten, die versuchen, mit der maximal erträglichen Energie zu arbeiten, erreichen in der Regel eine höhere Energie auf den Kanälen 3 und 4 (Quadrizeps) als auf den Kanälen 1 und 2 (ischiokrurale Muskelgruppe).



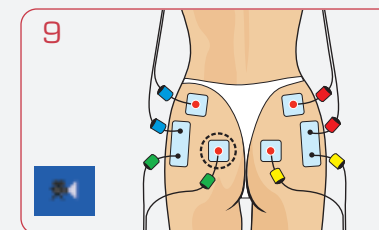
Rehabilitation der Gesäßmuskeln nach einer Hüftprothese

3 - Elektrodenplatzierung

Man verwendet 2 Kanäle, einen zur Stimulation des großen, den anderen für den mittleren Gesäßmuskel. Eine kleine positive Elektrode wird auf dem Gesäß (Reizpunkt des großen Gesäßmuskels) angelegt. Eine zweite kleine positive Elektrode wird in die Mitte des oberen äußeren Quadranten des Gesäßes in Höhe des mittleren Gesäßmuskels angelegt, dort wo dieser nach oben und außen über den großen Gesäßmuskel hinausgeht. Eine einzelne große negative Elektrode ist seitwärts schräg im unteren äußeren Quadranten des Gesäßes angebracht. Diese Elektrode darf nicht über Narbengewebe angelegt werden.

4 - Körperposition

Nach Möglichkeit wird der Patient im Stehen behandelt, was eine zusätzliche Anforderung an die propriozeptiven Kontrolle darstellt. Andernfalls kann die Sitzung auch ganz oder teilweise im Sitzen oder auf dem Bauch liegend durchgeführt werden.



METHODE

1 - Protokoll

- **Hüftprothese** Stufe 1:
Woche 1
- **Hüftprothese** Stufe 2:
Wochen 2 – 3
- **Hüftprothese** Stufe 3:
Woche 4

2 - Häufigkeit der Behandlung

Einmal täglich. Fünf Tage in der Woche, über 4 Wochen

Rehabilitation Schulter

Die Schulter muss den oberen Extremitäten eine hohe Mobilität ermöglichen und gleichzeitig eine stabile Basis bieten. Die geringe Kontaktfläche des Humeruskopfes mit dem Schulterblatt wird zwar teilweise durch das Labrum ausgeglichen, setzt das Gelenk jedoch einer Dezentrierung aus, die die passiven Kapsel-Gelenk-Elemente nicht ausgleichen können. Die neuromuskuläre Kontrolle muss die fehlende passive Stabilität ständig ausgleichen, indem sie eine Koaptationskraft ausübt, die in der Lage ist, der luxierenden Komponente zu begegnen, die sich aus intrinsischer Krafteinwirkung (Kontraktionen der Muskeln, die Translationskräfte freisetzen: Pectoralis Major, Biceps brachii [Caput mediale], Triceps brachii [Caput longum], Coracobrachialis) und extrinsischer Krafteinwirkung (Fall, Kontakt...) ergibt. Unter dem Einfluss von zahlreichen Fortschritten in den Bereichen Biomechanik, Physiologie und Physiopathologie hat sich die therapeutische Vorgehensweise bei Pathologien der Schulter in den letzten Jahren beträchtlich verändert. Wir betrachten in diesem Kapitel drei verschiedene Pathologien der Schulter, für die die neuromuskuläre Elektrostimulation die besten Ergebnisse unter allen verfügbaren Rehabilitations-Techniken bringt.

Bei diesen drei Pathologien handelt es sich um:

- Tendinopathien der Rotatorenmanschette
- Lose Schultern
- Schulterversteifung

Die angeführten Protokolle wurden aus folgenden Veröffentlichungen entwickelt:

Flatow EL, Soslowsky LJ, Ateshian GA, Pawluk RJ, Bigliani LU, Mow VC
Shoulder joint anatomy and the effect of subluxations and size mismatch on patterns of glenohumeral contact
Orthop Trans 15: 803; 1991

Gibb TD, Sidles JA, Harryman DT, McQuade KJ, Matsen FA
The effect of capsular venting on glenohumeral laxity
Clin Orthop 268: 120 – 6; 1991

Harryman DT, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibbs TD, Matsen FA
Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion
J Bone Joint Surg 72A: 1334; 1990

Howell SM, Galinat BJ
The glenoid-labral socket. A constrained articular surface
Clin Orthop 243: 122; 1989

Matsen F, Lippit S, Iserin A
Mécanismes patho-anatomiques de l'instabilité gléno-humérale
Expansion scientifique française, Paris, Cahier d'enseignement de la SOFCOT, pp 7 – 13

Itoi E, Motzkin NE, Morrey BF, An KN
Bulk effect of rotator cuff on inferior glenohumeral stability as function of scapular inclination angle: a cadaver study
Tohoku J Exp Med 171 [4]: 267 – 76; 1993

1) Tendinopathien der Rotatorenmanschette

Wegen ihrer anatomischen Lage sind Tendinopathien der Rotatorenmanschette ein echtes Problem der Volksgesundheit. Bei einer 1986 in Großbritannien durchgeführten Untersuchung stellte sich heraus, dass 20% der Bevölkerung wegen Problemen mit der Schulter einen Arzt aufsuchen. Die Pathogenese dieser Tendinopathien beinhaltet zahlreiche Faktoren: intrinsische Faktoren (mangelnde Vaskularisation, strukturelle Anomalie der Kollagenfasern...) und extrinsische Faktoren (mechanische Überbelastung, Störungen der Kinematik...) die auch kombiniert auftreten, können für diese Probleme mit den Bändern verantwortlich sein. Die Störungen der Kinematik scheinen eine besonders wichtige Rolle zu spielen und führen meist zu einer Einschränkung der Beweglichkeit der Gelenke, zu Schmerzen und funktionellen Störungen.

Die Einschränkung der Beweglichkeit der Gelenke wird durch spezielle Tests nachgewiesen und betrifft die Flexion (Antepulsion) und / oder Abduktion. Eine Begrenzung der Flexion ist ein Zeichen für eine antero-superiore Dezentrierung, eine Begrenzung der Abduktion dagegen ist ein Zeichen für eine Dezentrierung des Spin in medialer Rotation. Die Wiederherstellung der Beweglichkeit der Gelenke erfolgt nach der durch den Einsatz von geeigneten Mitteln erreichten Korrektur der Dezentrierung der Gelenke. Die Arbeit der neuromuskulären Kontrolle muss auf den Koaptations-Muskeln beruhen, die den Druck vom Humeruskopf und den seitlichen Rotatoren nehmen. Die Priorität, die dem breiten Rückenmuskel und dem großen Brustmuskel in früheren Jahren eingeräumt wurde, wird heute stark in Frage gestellt, da diese Muskeln eine Komponente der medialen Rotation aufweisen. Die einzigen Muskeln, die diesen mechanischen Anforderungen gerecht werden, sind der M. supraspinatus und der M. infraspinatus, auf die sich die neuromotorische Rehabilitation einschließlich der Elektrostimulation primär konzentriert.

METHODE

1 - Protokoll

- Phase 1:
Rotatorenmanschette Stufe 1 + TENS
- Phase 2:
Rotatorenmanschette Stufe 2
(+ Modus *Mi*-ACTION)

2 - Behandlungsablauf

- Phase 1: 3 bis 5 Sitzungen pro Woche bis der Schmerz verschwindet
- Phase 2: 3 bis 5 Sitzungen pro Woche bis zum Ende der Behandlung

Wenn der Patient die motorische Kontrolle seiner Stabilisationsmuskeln wieder erlangt hat, ist es empfehlenswert, die letzten Sitzungen der Behandlung im Modus *Mi*-ACTION durchzuführen. (siehe Details bezüglich dieser Funktion S. im Gebrauchshandbuch). Wenn diese Funktion aktiviert ist, muss der Patient eine willentliche Kontraktion ausüben, um die elektroinduzierte Kontraktion zu erzeugen. Für diese Übung sollte der *Mi*-SENSOR auf die auf dem M. infraspinatus angelegte Elektrode gesetzt werden. Der Patient muss dann eine willentliche isometrische Kontraktion seiner seitlichen Rotatoren ausführen.

3 - Elektrodenplatzierung

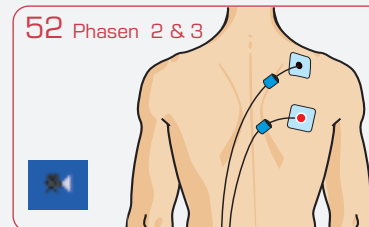
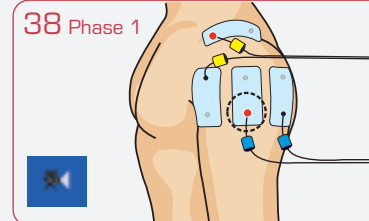
- Phasen 1 und 2: Stimulation des M. infraspinatus und des M. supraspinatus: Ein Stimulationskanal (siehe Zeichnungen N°38 & 52). Eine kleine mit dem *Mi*-SENSOR verbundene Elektrode auf dem fleischigen Rand in Höhe des M. supraspinatus (positiver Pol). Eine kleine mit dem negativen Pol verbundene Elektrode auf der äußeren Seite in Höhe des M. supraspinatus.

4 - Körperposition

Der Patient sitzt und lässt die Arme am Körper herunterhängen, der Unterarm und die Hand ruhen auf der Lehne, der Oberarm ist in angegebener Position mit neutraler Rotation positioniert. In den Phasen 2 und 3 kann der Arm langsam in einen Abduktionswinkel von bis zu 30° gebracht werden, sofern diese Position keine Schmerzen verursacht.

5 - Stimulationsenergie

Die Stimulationsenergie muss langsam bis kurz unter die Schmerzgrenze erhöht werden.



2) Lose Schultern

Lose Schultern sind eine sehr häufig anzutreffende Pathologie, die für den Therapeuten eine echte Herausforderung darstellt.

Ein Trauma, wiederholte Mikrotraumata oder eine veranlagungsbedingte Laxität können die Stabilität der Schulter beeinträchtigen, indem sie die passiven Strukturen beschädigen (Überdehnung oder Reißen des unteren, glenohumeralen Bands, Ablösung des Labrums, allmähliche Dehnung der Gelenkkapsel) oder die motorischen Programme beeinträchtigen, was eine Abnahme der sich aus der Aktion der scapulo- und thoracohumeralen Muskeln ergebenden Koaptations-Komponente zur Folge hat.

Der M. infraspinatus und der M. supraspinatus sind die wichtigsten Koaptations-Muskeln des glenohumeralen Gelenks. Ihre Wirkung wird jedoch durch die Toxizität und die Muskelmasse der Deltamuskeln (Bulk-Effekt) unterstützt. Im Gegensatz zur Rehabilitation von Tendinopathien der Rotatorenmanschette, bei der die Beanspruchung der Deltamuskeln wegen des subacromialen Konflikts untersagt ist, ist die kombinierte Elektrostimulation der Deltamuskeln und des M. infra-spinatus und des M. supraspinatus in diesem Falle von Vorteil, da sie die die Schulter stabilisierende Muskulatur optimiert.

METHODE

1 - Protokoll

- Phase 1: **Muskelatrophie** Stufe 1 bis die Schulter wieder schmerzfrei voll beweglich ist
- Phase 2: **Muskelatrophie** Stufe 2 (+ Modus **Mi-ACTION**) bis bei der klinischen Untersuchung kein Schmerz mehr auftritt.
- Phase 3: Stimulation des M. infra-spinatus und des M. supraspinatus, kombiniert mit willentlichen Propriozeptions-Übungen bis die zur funktionellen Wiederherstellung nötige Kraft und Ausdauer wiedererlangt sind.

2 - Behandlungsablauf

3 bis 5 Sitzungen pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

- Phasen 1 und 2: 3 Kanäle zur Stimulation der Deltamuskeln und der Rückenmuskeln
Für die Deltamuskeln: Eine kleine positive Elektrode wird auf den vorderen Strang der Deltamuskeln gesetzt, eine weitere kleine positive Elektrode auf den mittleren Strang. Die beiden negativen Verbindungen sind mit einer großen Elektrode verbunden,

die wie eine Schulterklappe auf dem Akromion angelegt wird.

Für die Rückenmuskeln: Eine kleine mit dem **Mi-SENSOR** verbundene Elektrode in Höhe des M. infra-spinatus (positiver Pol) Eine kleine mit dem negativen Pol verbundene Elektrode auf der äußeren Seite in Höhe des M. supraspinatus

- Phase 3: nur 1 Stimulationskanal für die Rückenmuskeln

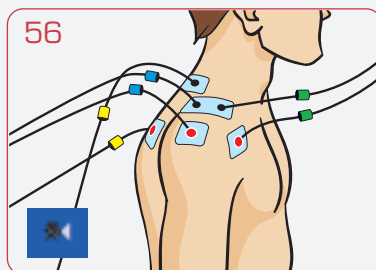
4 - Körperposition

- Phasen 1 und 2: Bei den ersten Stimulationssitzungen sitzt der Patient mit der oberen Extremität in Referenzposition, der Unterarm ruht auf der Lehne. Bei den folgenden Sitzungen wird der Arm langsam in einen Abduktionswinkel von bis zu 60° gebracht. Die Körperposition während der Stimulation muss so gewählt sein, dass kein Zug auf Narbengewebe ausgeübt wird und der Patient muss stets schmerzfrei bleiben.

- Phase 3: Die Stimulation des M. infraspinatus und des M. supraspinatus kann gleichzeitig mit aktiver Beanspruchung wie beispielsweise Propriozeptionsübungen erfolgen. Der Patient wird wie folgt platziert: mit dem Gesicht nach unten, die Hände auf einem Trampolin. In dieser Position muss er nun mit der Phase der elektrisch hervorgerufenen Kontraktion der Rückenmuskeln synchronisierte kleine Hüpfen ausführen. Vor dieser Übung muss stets eine Aufwärmphase erfolgen. Sie wird zunächst mit 2 aufgestützten Händen, später mit nur einer aufgestützten Hand ausgeführt.

5 - Stimulationsenergie

Die Stimulationsenergie muss langsam bis kurz unter die Schmerzgrenze erhöht werden.



3) Schulterversteifung

Die SECEC (Europäische Gesellschaft für Schulter und Ellenbogenchirurgie) gibt folgende klinische Definition für die retraktile Kapsulitis: eine um mindestens 30% limitierte aktive und passive Mobilität in 3 Ebenen seit mehr als 3 Jahren.

Diese Einschränkung entsteht aus einer Verdickung und einer Fibrose der Gelenkkapsel mit Verschwinden der Vertiefungen, die sich in einem Verlust der aktiven und passiven Mobilität der Schulter äußert. Dieser Zustand ist in einem Drittel der Fälle idiopathisch. Dagegen liegt bei den anderen zwei Dritteln der Fälle eine vorherige Schädigung der Schulter vor, die sehr unterschiedlicher Art sein kann (Trauma der Schulter, chirurgischer Eingriff an der Schulter, Hemiplegie, sub-acromio-coracoidaler Konflikt usw.). Personen mit Diabetes sind besonders betroffen. Etwa 20% leiden unter Kapsulitis.

Man geht davon aus, dass sich zunächst eine Algoneurodystrophie der Schulter entwickelt (auch wenn dies nicht ganz einer strengen Definition der AND entspricht, ein krankhafter Zustand, der in erster Linie die äußeren Enden der Gliedmaßen betrifft); anschließend geht diese AND zurück, während sich die Fibrose der Kapsel und die Ankylose des Gelenks entwickeln.

Klinisch gesehen entwickelt sich zuerst eine erste akute Phase, die nur schmerzhaft ist, später dann eine fortschreitende Blockierung der Schulter mit abnehmendem Schmerz, bevor am Ende die Schulter blockiert aber schmerzfrei ist.

Die bei der Rehabilitation verfolgten Ziele sind zunächst die Linderung der Schmerzen in der akuten Phase und später die Wiederherstellung der biomechanischen und neuromuskulären Qualitäten der Schulter.

METHODE

1 - Protokoll

- Phase 1 (akute Phase): **TENS**
NB: Die **Intelligente TENS** Funktion ermöglicht es Ihnen, die sensible Reizschwelle Ihres Patienten herauszufinden. Dieser wird von diesem optimal angepassten Programm bestmöglich profitieren. Sie können die Energie natürlich auch selbst wählen. In diesem Fall empfehlen wir die Verwendung von **TENS** Stufe 1.

Wenn Sie die **Intelligente TENS** Funktion gewählt haben, beginnt das Programm mit einem kurzen Test, bei dem die Stimulationsenergie automatisch ansteigt. Der Therapeut bittet seinen Patienten, ihm zu sagen, ab welchem Wert eine Parästhesie eintritt. Sobald dieser Wert erreicht ist, drückt der Therapeut unverzüglich die Tasten + oder - eines der benutzten Kanäle (Symbol MEMO). Das **TENS** Programm läuft nun mit Stimulationsparametern (Impulsdauer) an, die an die jeweilige Empfindlichkeit des Patienten angepasst sind.

Das Kriterium, um von Phase 1 auf Phase 2 überzugehen, ist eine im Ruhezustand schmerzfreie Schulter. Bei der klinischen Untersuchung werden oft Symptome festgestellt, die jenen einer Tendinopathie der Rotatorenmanschette ähneln, für die gleiche therapeutische Vorgehensweisen eingesetzt werden. Dieses klinische Ergebnis ist die Folge der Kompensationsmechanismen während der akuten Phase.

- Phase 2: **Muskelatrophie** Stufe 1, später **Muskelatrophie** Stufe 2

2 - Behandlungsablauf

3 bis 5 Sitzungen pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

- Phase 1: 2 Stimulationskanäle mit 4 großen Elektroden, die die schmerzende Schulter abdecken. [**TENS**]
Drei große Elektroden werden auf die vorderen, mittleren und hinteren Stränge der Deltamuskeln gesetzt, eine vierte große Elektrode wird auf dem Akromion angelegt.
Schließen Sie den **Mi-SENSOR** an die Elektrode auf dem mittleren Deltamuskel an. Die drei anderen Verbindungen können beliebig gewählt werden und es wird nur eine der beiden Verbindungen der Elektroden benutzt (siehe Zeichnung N°38)

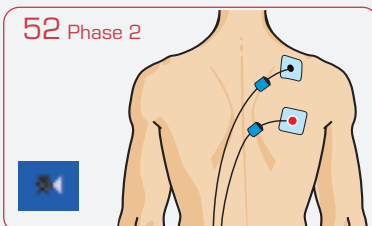
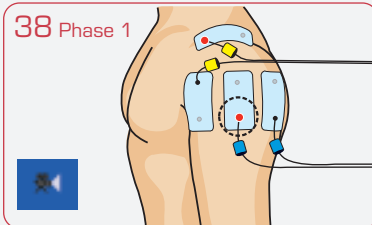
• Phase 2: Ein einziger Stimulationskanal für den M. infraspinatus und den M. supraspinatus. Die kleine mit dem **mi-SENSOR** (positiver Pol) verbundene Elektrode in Höhe des M. infraspinatus. Eine kleine Elektrode auf der äußeren Seite in Höhe des M. infraspinatus wird mit dem negativen Pol verbunden. (siehe Zeichnung N°52)

4 - Körperposition

- Phase 1: Der Patient nimmt eine bequeme Körperhaltung ein.
- Phase 2: Der Patient sitzt und lässt die Arme herunterhängen, der Unterarm und die Hand ruhen auf der Lehne, der Oberarm ist in Referenzposition mit neutraler Rotation angelegt. In den Phasen 2 und 3 kann der Arm langsam in einen Abduktionswinkel von bis zu 30° gebracht werden, sofern diese Position keine Schmerzen verursacht.

5 - Stimulationsenergie

Die Stimulationsenergie muss langsam bis kurz unter die Schmerzgrenze erhöht werden.



Aufsuchen eines motorischen Reizpunktes

(z.B.: Aufsuchen der motorischen Reizpunkte des M. vastus med. und des M. vastus lat. des Quadrizeps)

Die Programme zur Elektrostimulation der Muskeln sind Programme, die den Muskeln Arbeit auferlegen. Die Art des Fortschritts hängt vom Typ der Arbeit ab, die man den Muskeln auferlegt, das heißt vom gewählten Programm. Die von diesen Programmen generierten Impulse werden (über den motorischen Nerv) durch die Klebelektroden auf die Muskeln übertragen. Die Positionierung der Elektroden ist einer der entscheidenden Faktoren, um eine angenehme Anwendung der Elektrostimulation sicherzustellen. Folglich ist es unerlässlich, diesem Aspekt besondere Sorgfalt zu widmen. Durch die korrekte Platzierung der Elektroden und die Anwendung einer starken Energie bringt man eine große Anzahl von Muskelfasern zum Arbeiten. Je höher die Energie und je größer die räumliche Ausdehnung, das heißt die Zahl der Fasern, die arbeiten, desto höher ist die Anzahl der Muskelfasern, die Fortschritte machen.

Ein Stimulationskanal besteht aus zwei Elektroden:

- Einer positiven Elektrode [+]: roter Anschluss
- Einer negativen Elektrode [-]: schwarzer Anschluss

Die positive Elektrode muss genau am motorischen Reizpunkt des Muskels angebracht werden. Die motorischen Reizpunkte entsprechen einem äußerst eng umschriebenen Bereich, in dem der motorische Nerv am erregbarsten ist. Obwohl die Lokalisierung der verschiedenen motorischen Reizpunkte heute gut bekannt ist, kann es Abweichungen von bis zu mehreren Zentimetern zwischen verschiedenen Menschen geben.

Das Programm **Motorischer Reizpunkt**, in Verbindung mit der Anwendung der mit Ihrem Gerät gelieferten Reizpunktsonde (Motor Point Pen), gestattet es, die motorischen Reizpunkte bei jedem einzelnen Patienten mit großer Präzision zu bestimmen und eine optimale Wirksamkeit der Programme zu garantieren.

Es wird empfohlen, dieses Programm vor jeder ersten Elektrostimulationsbehandlung der Muskeln anzuwenden. Die auf diese Weise bestimmten motorischen Reizpunkte lassen sich leicht mit einem Hautstift oder einem anderen Mittel auf der Haut markieren, damit dies nicht vor jeder Anwendung erneut erfolgen muss.

Empfohlenes Programm

Motorischer Reizpunkt

Muskelgruppe

Das System **mi-SENSOR** steht beim Programm **Motorischer Reizpunkt** nicht zur Verfügung. 

Anwendungsempfehlungen

Zum Aufsuchen des motorischen Reizpunktes des M. vastus med. gehen Sie folgendermaßen vor:

- 1 Kleben Sie eine große Elektrode am Ansatz des Oberschenkels auf.
- 2 Schließen Sie den negativen Stecker (schwarzer Anschluss) des Kanals 1 an den Ausgang dieser großen Elektrode an, der auf die Innenseite des Oberschenkels weist.
- 3 Tragen Sie eine dünne, gleichmäßige Schicht Compex-Gel auf der für die positive Elektrode angegebenen Stelle auf dem M. vastus med. und auf allen Seiten einige Zentimeter darüber hinaus auf.
- 4 Schließen Sie den positiven Anschluss (rot) an das äußerste Ende des Motor Point Pen an und bringen Sie die Sondenspitze mit dem Gel in Kontakt (siehe Details im Gebrauchshandbuch).



Vor jeder Verwendung des Motor Point Pen muss die Spitze, die mit der Haut in Kontakt tritt, gereinigt und desinfiziert werden

- 5 Wählen Sie zunächst das Programm **Motorischer Reizpunkt** dann die Behandlungszone für den Oberschenkel und starten Sie dann das Programm durch Drücken der Taste + oder - des Kanals 1.

- 6 Erhöhen Sie die Energie des Kanals 1 sehr allmählich, bis ein Wert zwischen 5 und 15 erreicht ist. Schieben Sie hierzu die Sondenspitze auf der Gelschicht hin- und her, ohne jemals den Kontakt zu verlieren, um

nicht eine Fehlermeldung der Elektroden auszulösen,

7

Sowie Sie eine Muskelreaktion in Form von Zuckungen beobachten, haben Sie den motorischen Reizpunkt des M. vastus med. gefunden. Markieren Sie diesen motorischen Reizpunkt und kleben Sie eine kleine Elektrode mittig auf diesen Punkt. Wenn dieser Schritt einen Elektrodenfehler verursacht, ignorieren Sie diese Meldung und verlassen das Programm nicht. Fahren Sie ganz normal fort.

8

Entfernen Sie die Sonde vom positiven Anschluss (rot) des Kanals 1 und verbinden Sie diese kleine Elektrode mit diesem positiven Anschluss.

Zum Aufsuchen des motorischen Reizpunktes des M. vastus lat. verfahren Sie wie folgt:

1

Schließen Sie den negativen Stecker (schwarzer Anschluss) des Kanals 2 an den anderen Ausgang der großen Elektrode an, die Sie an ihrem Platz gelassen haben,

2

Tragen Sie eine dünne, gleichmäßige Schicht Compex-Gel auf der für die Positionierung der positiven Elektrode auf dem M. vastus lat. angegebenen Stelle und auf allen Seiten einige Zentimeter darüber hinaus auf.

3

Schließen Sie den positiven Anschluss (rot) an das äußerste Ende der Sonde motorischer Reizpunkt an und bringen Sie die Sondenspitze mit dem Gel in Kontakt (siehe Details im Gebrauchshandbuch).



Vor jeder Verwendung des Motor Point Pen muss die Spitze, die mit der Haut in Kontakt tritt, gereinigt und desinfiziert werden.

4

Wählen Sie zunächst das Programm **Motorischer Reizpunkt** dann die Behandlungszone für den Oberschenkel und starten Sie dann das Programm durch Drücken der Taste + oder - des Kanals 2.

5

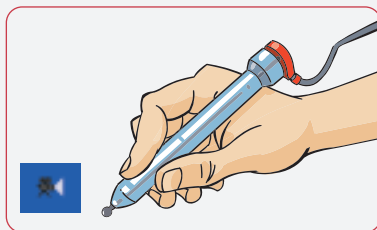
Erhöhen Sie die Energie des Kanals 2 sehr allmählich, bis ein Wert zwischen 5 und 15 erreicht ist. Schieben Sie hierzu die Sondenspitze auf der Gelschicht hin- und her, ohne jemals den Kontakt zu verlieren, um nicht eine Fehlermeldung der Elektroden auszulösen.

6

Sowie Sie eine Muskelreaktion in Form von Zuckungen beobachten, haben Sie den motorischen Reizpunkt des M. vastus lat. gefunden. Markieren Sie diesen motorischen Reizpunkt und kleben Sie eine kleine Elektrode mittig auf diesen Punkt. Wenn dieser Vorgang einen Elektrodenfehler verursacht, können Sie das Programm verlassen.

7

Entfernen Sie die Sonde vom positiven Anschluss (rot) des Kanals 2 und verbinden Sie diese kleine Elektrode mit diesem positiven Anschluss.



Sympathische Algoneurodystrophie

1) Definition - Diagnose

Die AND ist eine Komplikation, die nach einem Trauma auftritt. In den meisten Fällen sind von diesem Trauma die Knochen oder Gelenke der Gliedmaßen betroffen. Das Trauma ist im Allgemeinen ein Bruch oder eine Operation, es kann sich aber auch um Verrenkungen, Wunden, Verbrennungen, Venenentzündungen, Infektionen usw. handeln.

Die AND tritt nicht unmittelbar nach dem Trauma auf, sondern geraume Zeit danach. Im Allgemeinen beginnt sie zu Anfang der Physiotherapie. Aus diesem Grund spielt der Physiotherapeut hier eine wichtige Rolle!

Das wichtigste Symptom der AND ist der Schmerz. Er tritt meist an den Enden des traumatisierten Glieds auf. Er wird vom Patienten als Brennen beschrieben. Die Intensität des Schmerzes ist hoch, oft überproportional zum ursprünglichen Trauma. Der Schmerz nimmt bei Stress und Aktivität zu und bei Ausgeglichenheit und Ruhe ab. Durch Mobilisierung und Massage wird er verstärkt – ein einfaches Berühren der Haut kann sehr schmerzhaft sein.

Je nach Entwicklungsstadium können andere Anzeichen auftreten:

- **Die Haut** wird beim Schwitzen kalt, in fortgeschrittenen Stadien entwickeln sich Ödeme und Zyanose.
- Bei den **Muskeln** der betroffenen Region kommt es zu einer Atrophie.
- Der darunter **liegende Knochen** entwickelt eine Osteoporose (Sudeck-Atrophie).

Über den genauen Mechanismus der Entwicklung der AND ist noch wenig bekannt. Es steht jedoch fest, dass das sympathische Nervensystem eine wesentliche Rolle spielt. Es lassen sich vasomotorische Störungen feststellen, die in Zusammenhang mit einer Hyperaktivität des - die betroffene Region innervierenden - orthosympathischen Systems stehen.

Die sympathische Algoneurodystrophie (AND) ist ein pathologischer Zustand, dem der Krankengymnast häufig begegnet, und den er unbedingt diagnostizieren und frühzeitig behandeln können muss.

Dieses Kapitel behandelt die diagnostische Definition und die praktische Methode der Behandlung von AND, die auf Grundlage der folgenden Referenzpublikationen entwickelt wurde:

Abram S., Asiddao C., Reynolds A., *Increased Skin Temperature during Transcutaneous Electrical Stimulation. Anesthesia and Analgesia* 59: 22-25, 1980

Owens S., Atkinson R., Lees D.E., *Thermographic Evidence of Reduced Sympathetic Tone Associated with Transcutaneous Nerve Stimulation. Anesthesiology* 50:62-65, 1979

Richlin D., Carron H., Rowlingson J. et al. *Reflex sympathetic dystrophy: Successful treatment by transcutaneous nerve stimulation. The Journal of Pediatrics* 93:84-86, 1978

Abram S., *Increased Sympathetic Tone Associated with Transcutaneous Electrical Stimulation. Anesthesiology* 45:575-577, 1976

Meyer G.A., Fields H.L., *Causalgia treated by selective large fibre stimulation of peripheral nerve. Brain* 95:163-168, 1972

2) Behandlung

Die Behandlung der AND besteht aus zwei Komponenten:

1 - Schmerzbegrenzung

Alle Mobilisationsübungen, Massagen und ähnliche Techniken, die den Schmerz vergrößern sind zu vermeiden da dieser die AND verstärkt.

2 - Reduzierung der Aktivität des orthosympathischen Systems

Der wesentliche Punkt der Behandlung ist die Reduzierung der Aktivität bzw. die Blockierung des orthosympathischen Nervensystems, das die Extremität des von AND betroffenen Gliedes innerviert. Die verschiedenen zur Verfügung stehenden Mittel der Wahl sind in ansteigender Reihenfolge der Aggressivität:

1

transkutane Elektrostimulation der markreichen dicken Nervenfasern des Tastsinns (Aß) = **TENS**

2

Verabreichung von Calcitonin

3

Infiltrationsanästhesie des Sympathikus

Diese verschiedenen therapeutischen Mittel sind fortschreitend anzuwenden. Nur nach dem Versagen eines Mittels sollte zum nächsten, aggressiveren übergegangen werden.

Somit ist das **therapeutische Mittel erster Wahl, über das der Krankengymnast verfügt, um eine AND zu behandeln, die transkutane Elektrostimulation der markreichen Nervenfasern des Tastsinns (Aß) = TENS**

Es ist unbedingt erforderlich, eine Vorrichtung zu verwenden, die sehr saubere Gleichstromimpulse erzeugt, damit ausschließlich die Nervenfasern vom Typ Aß stimuliert werden. Andernfalls läuft man Gefahr, Erregungen der prä- oder postganglionären Fasern des Sympathikus hervorzurufen (bzw. der Fasern vom Typ B und C der Klassifizierung der peripheren Nervenfasern). Dies hat eine Steigerung der sympathischen Aktivität zur Folge und als Konsequenz eine Verschlimmerung von AND (siehe Literatur).

METHODE

1 - Protokoll

TENS-Funktion

NB: Die **Intelligente TENS**-Funktion ermöglicht es, die sensible Reizschwelle Ihres Patienten herauszufinden. Dieser wird von diesem optimal angepassten Programm bestmöglich profitieren. Sie können die Energie natürlich auch selbst wählen. In diesem Fall empfehlen wir die Verwendung von **TENS** Stufe 1.

Wenn Sie die **Intelligente TENS** Funktion gewählt haben, beginnt das Programm mit einem kurzen Test, bei dem die Stimulationsenergie automatisch ansteigt. Der Therapeut bittet seinen Patienten, ihm zu sagen, ab welchem Wert eine Empfindung von Parästhesie eintritt. Sobald dieser Wert erreicht ist, drückt der Therapeut unverzüglich die Tasten + oder - eines der benutzten Kanäle (Symbol MEMO). Das **TENS** Programm läuft nun mit Stimulationsparametern (Impulsdauer) an, die an die jeweilige Empfindlichkeit des Patienten angepasst sind.

2 - Behandlungsablauf

Mindestens 20 Minuten Behandlung täglich. Falls nach einer Woche keine Besserung zu verzeichnen ist, kann es sich als nötig erweisen, zu einem anderen, aggressiveren therapeutischen Mittel überzugehen.

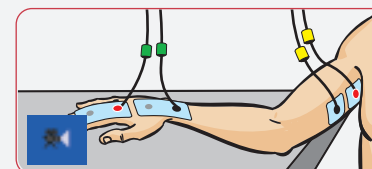
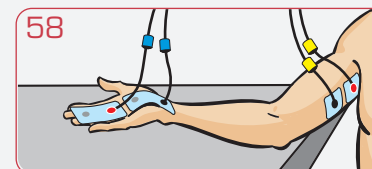
3 - Elektrodenplatzierung

Verwenden Sie drei Kanäle. Zwei Kanäle decken mittels vier großer Elektroden die schmerzende Region ab. Der dritte Kanal muss mit kleinen Elektroden den Nervenstamm bzw. die Nervenstämmen erregen, die die Extremität des betroffenen Gliedes innervieren.

Obere Extremitäten:

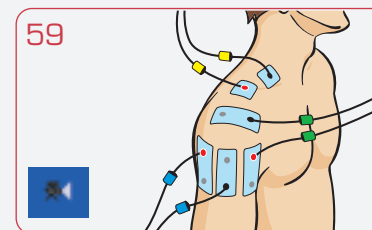
Distale AND der oberen Extremitäten:

Zwei kleine Elektroden werden im Abstand einer Fingerbreite so hoch wie möglich an der Innenseite des Arms angebracht, die obere Elektrode liegt an der Achselhöhle.



AND der Schulter:

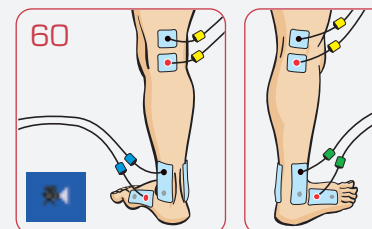
Eine kleine Elektrode wird auf Höhe der Schlüsselbeingrube angebracht, eine weitere auf dem Knochenrelief des Akromion.



Untere Extremitäten:

Distale AND der unteren Extremitäten:

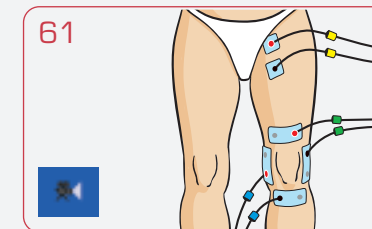
Eine kleine Elektrode wird in die Mitte der Kniekehle, eine andere einen Finger breit darüber angelegt.



AND des Knies:

Eine kleine Elektrode wird auf der Höhe der Leistenbeuge direkt neben der Femoralarterie angebracht, eine weitere einen Finger breit darüber.

Bitte beachten: Für die Programme vom Typ **TENS** ist die Polarität der Elektroden indifferent.



4 - Körperposition

Wählen Sie eine möglichst bequeme Position.

5 - Stimulationsenergie

1

Die Energie muss zunächst für den dritten Kanal geregelt werden, der den Nervenstamm bzw. die Nervenstämmen in Höhe der Achselhöhle bzw. der Schlüsselbeingrube, der Kniekehle oder der Leiste stimuliert. Die Energie wird allmählich gesteigert, bis der Patient Parästhesien [Kribbeln] bis in die Extremität des zu behandelnden Gliedes verspürt.

2

Anschließend wird die Energie der beiden anderen Kanäle so eingestellt, dass der Patient ein verstärktes Kribbeln verspürt.

3

Während der Behandlung geht die Parästhesie aufgrund des Gewöhnungseffekts nach und nach zurück und verschwindet schließlich. Dann sollte die Energiestufe leicht angehoben werden, damit der Patient das Kribbeln weiterhin verspürt. Muskelkontraktionen sind jedoch zu vermeiden.

Dank des Sensors schließt die Funktion M-TENS diese Möglichkeit aus, indem sie die Stimulationsenergie automatisch unter die Schwelle einer Muskelkontraktion senkt.

Endorphin-Behandlung von Rückenschmerzen und Radikulitiden

Dieses Kapitel befasst sich mit der Behandlung von Rückenschmerzen und Radikulitiden. Die hier vorgestellten praktischen Behandlungsmethoden stützen sich auf folgende Veröffentlichungen:

Holtt V., Przewlocki R., Herz A.
Radioimmunoassay of beta-endorphin basal and stimulated levels in extracted rat plasma.
Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol 1978; 303 (2): 171-174

Viru A., Tendzegolskis Z.
Plasma endorphin species during dynamic exercise in humans.
Clin Physiol 1995; 15 (1): 73-79

Pierce E.F., Eastman N.W., Tripathi H.T., Olson K.G., Dewey W.L.
Plasma beta-endorphin immunoreactivity: response to resistance exercise.
J Sports Sci 1993; 11 (6): 499-452

Dzampueva E.T.
Hearing loss correction by endogenous opioid stimulation
Vestn Otorinolaringol 1998; (3): 13-16

Ulett G.A., Han S., Han J.S.
Electroacupuncture: mechanisms and clinical application.
Biol Psychiatry 1998; 44 (2): 129-138

Wang H.H., Chang Y.H., Liu D.M., Ho Y.J.
A clinical study on physiological response in electroacupuncture analgesia and meperidine analgesia for colonoscopy.
Am J Chin Med 1997 ; 25 (1): 13-20

Chen B.Y., Yu J.
Relationship between blood radioimmunoreactive beta-endorphin and hand skin temperature during the electroacupuncture induction of ovulation.
Acupunct Electrother Res 1991; 16 (1-2): 1-5

Boureau F., Luu M., Willer J.C.
Electroacupuncture in the treatment of pain using peripheral electrostimulation.
J Belge Med Phys Rehabil 1980; 3 (3): 220-230

Wu G.C., Zhu J., Cao X.
Involvement of opioid peptides of the preoptic area during electroacupuncture analgesia.
Acupunct Electrother Res 1995; 20 (1): 1-6

Unter Rückenschmerzen versteht man weit verbreitete Schmerzsymptome, die auf einer Vielzahl anatomischer Verletzungen bzw. physiopathologischer Mechanismen beruhen.

Unabhängig von den auslösenden Faktoren ist das quasi-systematische Auftreten von Kontraktionen der paravertebralen Muskeln häufig als direkte Ursache von Schmerzen im Wirbelsäulenbereich anzusehen.

Die Erhöhung der Muskelfaserspannung im Bereich der Kontraktion sowie der dadurch entstehende Druck auf das Kapillarnetz führen zu einer Verringerung des Blutflusses und einer sukzessiven Anhäufung von sauren Stoffwechselprodukten (Metaboliten) und freien Radikalen. Diese Muskelazidose verursacht in direkter Folge die Schmerzen, die wiederum die Stärke der Kontraktion erhöhen. Wird der Patient nicht behandelt, können sich die Kontraktionen zu einem chronischen Leiden und einer Atrophie des Kapillarnetzes entwickeln. Dadurch wird der aerobe Stoffwechsel der Muskelfasern zu Gunsten des glykolytischen Stoffwechsels beeinträchtigt, der Schritt für Schritt die Oberhand gewinnt. Die folgende Abbildung verdeutlicht den Mechanismus der chronischen Muskelkontraktion:



Neben der allgemeinen Wirkung einer Steigerung der Endorphinproduktion (die zu einer Erhöhung der Schmerzempfindungsschwelle führt) führt die Stimulation mit einem Endorphinprogramm zu einer beträchtlichen lokalen Hyperämie und ermöglicht somit den Abbau der sauren Stoffwechselprodukte und freien Radikale. Durch den bereits während der ersten Sitzungen erreichten schmerzstillenden Effekt darf man sich jedoch nicht dazu verleiten lassen, die Behandlung vorzeitig abzuberehen. Tatsächlich sind für die Rückbildung des verkümmerten Kapillarnetzes mindestens zehn Stimulationssitzungen erforderlich.

1) Endorphinbehandlung von Nackenschmerzen

Chronische Kontraktionen am oberen Rand des Schulterblatts (Scapula) bzw. im Bereich des oberen Trapezmuskels sind sehr häufig die Ursache von Schmerzsymptomen bei Patienten mit Nackenschmerzen. In diesem Fall bietet sich die Endorphinbehandlung im Bereich dieser Muskeln als bevorzugte Therapie an.

Es sollten jedoch ausreichend hohe Stimmulationsintensitäten verwendet werden, um deutlich sichtbare Muskelreaktionen hervorzurufen, die wiederum zu einem entsprechend hohen Hyperämie-Effekt führen, durch den die sauren Stoffwechselprodukte aus dem Kapillarnetz des angespannten Muskels „gespült“ werden. Die Behandlung umfasst mindestens zehn Sitzungen, damit sich das üblicherweise verkümmerte Kapillarnetz im Bereich der chronisch angespannten Muskeln erholen kann.

METHODE

1 - Protokoll

Zervikalgie:
10 bis 12 Wochen

2 - Behandlungsablauf

3 bis 5 Sitzungen pro Woche über 2 bis 3 Wochen (insgesamt 10 bis 12 Sitzungen). Eine Sitzung dauert mindestens 20 Minuten. Im Idealfall führt man zwei Stimulationssitzungen nacheinander mit dem Programm **ZERVIKALGIE** durch. Dazwischen sollte eine Pause von ca. 10 Minuten eingehalten werden, damit sich die stimulierten Muskeln erholen können.

3 - Elektrodenplatzierung

Je nach Schmerzherd (ein- oder beidseitig) werden die Kanäle 1 bzw. 1 und 2 verwendet.

Die kleine positive Elektrode wird an dem Punkt angebracht an dem der Schmerz am stärksten empfunden wird. Dieser kann durch Abtasten ermittelt werden. In den meisten Fällen findet sich dieser Punkt maximaler Verhärtung am oberen Rand des Schulterblattes bzw. im Bereich des oberen Trapezmuskels. Bei beidseitigen Schmerzen wird eine weitere kleine Elektrode auf die gleiche Weise angebracht. Ein bzw. zwei negative Elektroden (ebenfalls klein) werden im Bereich der Nackenmuskulatur im Bereich C3 - C4 angebracht.

4 - Körperposition

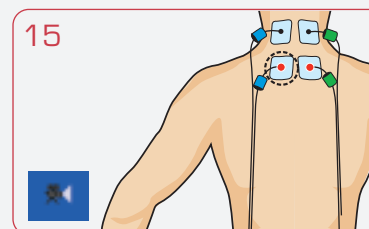
Der Patient nimmt die für ihn bequemste Lage ein (horizontale Bauchlage oder sitzend an einem Tisch mit Stütze).

5 - Stimulationsenergie

Die Energie muss allmählich erhöht werden, bis sich gut sichtbare Muskelzuckungen einstellen. Diese sind unbedingt notwendig, um die hyperämische Wirkung hervorzurufen. Wenn Sie den **Mi-SENSOR** benutzen (was empfohlen wird), ermöglicht die Funktion **Mi-RANGE** den sicheren Einsatz in der therapeutisch wirkungsvollsten Zone. Der Stimulator veranlasst Sie, die Energiestufe zu erhöhen: Ein Signalton begleitet die blinkenden + Symbole. Wenn Sie sich innerhalb der optimalen Zone befinden erscheint ein Häkchen auf dem Display. Dieses Häkchen bedeutet, dass Sie in diesem Energiebereich arbeiten sollten, um optimale therapeutische Ergebnisse zu erzielen.

Am Ende der Behandlung oder in den Pausen erscheint eine Statistik auf dem Display, aus der abzulesen ist, wie viel Zeit relativ in der optimalen Zone gearbeitet wurde.

15



2) Endorphinbehandlung von Rückenschmerzen

Unabhängig vom auslösenden Faktor sind chronische Kontraktionen der paravertebralen Muskulatur (Streckmuskeln der Wirbelsäule) verantwortlich für die Beschwerden bei Dorsalgien.

Sofern eine ausreichend hohe Stimulationsenergie verwendet wird, um entsprechende Muskelreaktionen auszulösen, ist die Dorsalgie-Behandlung dank ihrer hohen hyperämischen Wirkung, hervorragend geeignet, die sauren Stoffwechselprodukte abzubauen, die sich in den angespannten Muskeln angehäuft haben. Im Allgemeinen zeigt sich bereits während der ersten Behandlungssitzungen ein deutlich schmerzstillender Effekt.

Die Behandlung umfasst mindestens zehn Sitzungen, damit sich das üblicherweise verkümmerte Kapillarnetz im Bereich der chronisch angespannten Muskeln erholen kann.

METHODE

1 - Protokoll

Dorsalgie:
10 bis 12 Sitzungen

2 - Behandlungsablauf

3 bis 5 Sitzungen pro Woche über 2 bis 3 Wochen (insgesamt 10 bis 12 Sitzungen). Eine Sitzung dauert mindestens 20 Minuten. Idealerweise führt man zwei Stimulationssitzungen nacheinander mit dem Programm **Dorsalgie** durch. Dazwischen sollte eine Pause von ca. 10 Minuten eingehalten werden, damit sich die stimulierten Muskeln erholen können.

3 - Elektrodenplatzierung

Punkte maximaler Kontraktion sind in der Regel beidseitig zu finden. Sie liegen aber nicht immer symmetrisch zueinander. Daher werden zwei Stimulationskanäle benötigt.

Zwei kleine positive Reizelektroden werden an den Punkten angebracht, die leicht durch Abtasten des schmerzhaften Rückenbereichs zu finden sind.

Zwei ebenfalls kleine negative Elektroden werden am Profil der Streckmuskeln der Wirbelsäule angebracht, und zwar unter oder über den positiven Reizelektroden, je nachdem, ob die Schmerzen in den Nacken- oder Lendenbereich ausstrahlen.

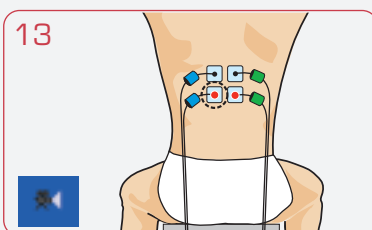
4 - Körperposition

Der Patient nimmt die für ihn bequemste Lage ein (horizontale Bauch- oder Seitenlage bzw. auch sitzend).

5 - Stimulationsenergie

Die Energie muss allmählich erhöht werden, bis sich gut sichtbare Muskelzuckungen einstellen. Diese sind unbedingt notwendig, um die hyperämische Wirkung hervorzurufen. Wenn Sie den **MZ-SENSOR** benutzen (was empfohlen wird), ermöglicht die Funktion **MZ-RANGE** den sicheren Einsatz in der therapeutisch effektivsten Zone. Der Stimulator veranlasst Sie, die Energiestufe zu erhöhen: ein Signalton begleitet die blinkenden + Symbole. Wenn Sie sich innerhalb der optimalen Zone befinden erscheint ein Häkchen auf dem Display. Dieses Häkchen bedeutet, dass Sie in diesem Energiebereich arbeiten sollten, um optimale therapeutische Ergebnisse zu erzielen.

Am Ende der Behandlung oder in den Pausen erscheint eine Statistik auf dem Display, aus der abzulesen ist, wie viel Zeit relativ in der optimalen Zone gearbeitet wurde.



3) Endorphinbehandlung von Schmerzen der Lendenwirbelsäule

Häufig sind chronisch angespannte Muskeln im Bereich der Lendenwirbelsäule die Ursache von Rückenschmerzen in diesem Bereich. Vor einer Behandlung müssen die Ursachen der Schmerzen in jedem Fall von einer kompetenten Person ermittelt werden. Anschließend ermöglicht die Behandlung dieser chronischen Kontraktionen mit Hilfe des **Lumbalgie**-Programms eine schnelle Linderung der Schmerzen. Im Bereich der Lendenwirbelsäule muss im Allgemeinen eine recht hohe Stimulationsenergie angewendet werden, um eine sichtbare (oder zumindest fühlbare) Reaktion der Muskulatur hervorzurufen. Diese Intensität ist unter Umständen nicht für alle Patienten erträglich, so dass sich in jedem Fall die Kombination mit einem **TENS**-Programm empfiehlt, um den Behandlungskomfort für den Patienten zu erhöhen.

Die Behandlung umfasst mindestens zehn Sitzungen, damit sich das meist verkümmerte Kapillarnetz im Bereich der chronisch angespannten Muskeln erholen kann.

METHODE

1 - Protokoll

Lumbalgie + TENS:

10 bis 12 Sitzungen

Um das **TENS**-Programm mit dem **Lumbalgie**-Programm zu kombinieren, muss das **Lumbalgie**-Programm individuell eingerichtet werden. Aktivieren Sie dazu das **TENS**-Programm mit einem Druck auf die Taste + des zweiten Kanals. Das **Lumbalgie**-Programm (Endorphin) ist auf den beiden ersten Kanälen aktiv, das **TENS**-Programm auf dem dritten und vierten Kanal.

2 - Behandlungsablauf

3 bis 5 Sitzungen pro Woche über 2 bis 3 Wochen (insgesamt 10 bis 12 Sitzungen). Eine Sitzung dauert mindestens 20 Minuten. Im Idealfall führt man zwei Stimulationssitzungen nacheinander durch (**Lumbalgie**- und **TENS**-Programm). Dazwischen sollte eine Pause von ca. 10 Minuten eingehalten werden, damit sich die stimulierten Muskeln erholen können.

3 - Elektrodenplatzierung

Es werden drei Stimulationskanäle verwendet, wobei die Nummerierung exakt einzuhalten ist. Das **Lumbalgie**-Programm nutzt grundsätzlich die Kanäle 1 und 2, während das **TENS**-Programm auf den Kanälen 3 und 4 angewendet wird.

• **Lumbalgie**-Programm: Zwei kleine positive Elektroden werden an den am stärksten schmerzenden Punkten angebracht, die durch Abtasten der Muskulatur zu ermitteln sind. Zwei große negative Elektroden werden ca. einen Finger breit links bzw. rechts außen neben den positiven Elektroden befestigt.

• **TENS**-Programm: Hier werden die freien Ausgänge der beiden großen Elektroden verwendet. Eine Beachtung der Polarität ist nicht notwendig, da das **TENS**-Programm im bipolaren Modus arbeitet.

4 - Körperposition

Der Patient nimmt die für ihn bequemste Lage ein (horizontale Bauch- oder Seitenlage). Zur Stützung der Lendengegend wird ein Polster untergeschoben.

5 - Stimulationsenergie

Die Energie wird zunächst auf Kanal 3 (**TENS**) eingestellt. Anschließend wird sie schrittweise erhöht, bis der Patient deutliche Parästhesien (Kribbel- oder Kitzelgefühl) im Bereich der Lendenwirbelsäule wahrnimmt.

2

Anschließend wird die Energie auf den Kanälen 1 und 2 (**Lumbalgie**) eingestellt und schrittweise erhöht, bis sich eine (sichtbare, zumindest jedoch tastbare) Muskelreaktion einstellt.

3

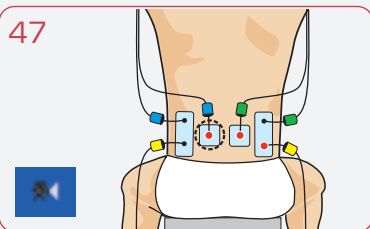
Wenn eine weitere Erhöhung der Energie dem Patienten nicht erträglich erscheint, sollte sie auf den ersten beiden Kanälen einsteilen auch nicht weiter gesteigert werden. Stattdessen kann die Energie auf Kanal 3 (**TENS**) erhöht werden, was mit deutlicher wahrnehmbaren Parästhesien im Lendenwirbelbereich einhergeht.

Nach 1-2 Minuten kann dann auch die Energie auf den ersten beiden Kanälen gesteigert werden, bis sichtbare Muskelreaktionen festzustellen sind.

4

Eine ausreichend starke Erhöhung der Energie auf den Kanälen 1 und 2 ist unerlässlich für die Auslösung sichtbarer (oder zumindest fühlbarer) Muskelreaktionen. Tatsächlich führen eben diese Muskelreaktionen zur hyperämischen Wirkung der Behandlung und gewährleisten somit deren Wirksamkeit. Wenn sich eine Steigerung der Energie auf den Kanälen 1 und 2 als problematisch erweist, kann Schritt c auch mehrere Male wiederholt werden. Bitte beachten Sie: Wenn das **TENS**-Programm mit einem Programm vom Typ Endorphin (wie hier das **Lumbalgie**-Programm) kombiniert ist, sind die Funktionen **Mi-TENS** und **Mi-RANGE** inaktiv.

47



4) Endorphin-/Tens-Behandlung von Schmerzen im Bereich Lendenwirbelsäule und Hüfte

Patienten mit Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule bzw. Hüfte leiden häufig an chronischen Kontraktionen der paravertebralen Lendenmuskulatur. Zudem wirken sich Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule auch durch mehr oder weniger starke Schmerzen entlang des Ischiasnervs und ggf. auch dessen Verzweigungen (SPE oder SPI) aus. Die Kombination des **Ischialgie**-Programms mit dem **TENS**-Programm stellt in diesem Fall die bevorzugte Therapiemethode dar, weil es aufgrund seiner Endorphinwirkung einen schmerzstillenden Effekt in den chronisch angespannten Lendenmuskeln ermöglicht und mit dem **TENS**-Programm eine Reduzierung der Schmerzweiterleitung zum Gehirn bewirkt. Zudem wird das Ausstrahlen von Schmerzen durch Beschwerden im Bereich des Ischiasnervs gemildert.

METHODE

1 - Protokoll

Ischialgie + TENS: 10 bis 12 Sitzungen. Um das **TENS**-Programm mit dem **Ischialgie**-Programm zu kombinieren, muss das **Ischialgie**-Programm personalisiert werden. Aktivieren Sie dazu das **TENS**-Programm mit einem Druck auf die Taste + des zweiten Kanals. Das **Ischialgie**-Programm (Endorphin) ist auf den beiden ersten Kanälen aktiv, das **TENS**-Programm auf dem dritten und vierten Kanal.

2 - Behandlungsablauf

3 bis 5 Sitzungen pro Woche über 2 bis 3 Wochen (insgesamt 10 bis 12 Sitzungen). Eine Sitzung dauert mindestens 20 Minuten. Im Idealfall führt man zwei Stimulationssitzungen nacheinander durch (**Ischialgie**- und **TENS**-Programm). Dazwischen sollte eine Pause von ca. 10 Minuten eingehalten werden, damit sich die stimulierten Muskeln erholen können.

3 - Elektrodenplatzierung

Es werden drei Stimulationskanäle verwendet.

- Zwei kleine positive Elektroden werden im Bereich des Ischiasnervstamms (L4 – L5 ; L5 – S1) angebracht und mit den Kanälen 1 und 2 (**Ischialgie**-Behandlung) verbunden.
 - Zwei große Elektroden werden entlang des Ischiasnervs angelegt: eine am unteren Teil des Gesäßes und eine hinten am Oberschenkel. Die negativen Pole der ersten beiden Kanäle werden mit einem der beiden Ausgänge verbunden, der dritte Stimulationskanal (**TENS**) wird an die beiden verfügbaren Ausgänge angeschlossen. Eine Beachtung der Polarität ist nicht notwendig, da das **TENS**-Programm im bipolaren Modus arbeitet.
- Hinweis: Kanal 4 (**TENS**) kann bei stärkeren Schmerzen im SPE- bzw. SPI-Bereich verwendet werden. In diesem Fall werden zwei große Elektroden in Längsrichtung auf der Rückseite (SPI) bzw. Außenseite (SPE) des Unterschenkels befestigt und mit dem positiven bzw. negativen Pol des 4. Kanals verbunden. Dabei bleibt einer der Ausgänge der Elektroden unbenutzt.

4 - Körperposition

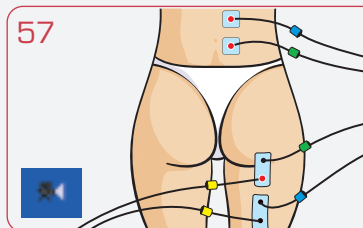
Der Patient nimmt die für ihn bequemste Lage ein (horizontale Bauch- oder Seitenlage). Als Lordosenstütze wird ein Polster untergeschoben.

5 - Stimulationsenergie

Die Stimulationsenergie wird auf Kanal 3 (**TENS**) schrittweise erhöht, bis sich im schmerzenden Bereich des Ischiasnervs ein deutliches Kribbelgefühl einstellt. Die schrittweise Steigerung der Energie in den Kanälen 1 und 2 muss ausreichend hoch sein, um eine sichtbare (zumindest durch Abtasten fühlbare) Muskelreaktion auszulösen. Diese Reaktion bewirkt den Hyperämie-Effekt.

Bitte beachten Sie: Wenn das **TENS**-Programm mit einem Programm vom Typ Endorphin (wie hier das **Ischialgie**-Programm) kombiniert ist, sind die Funktionen **Mi-TENS** und **Mi-RANGE** inaktiv.

57



Behandlung von Harninkontinenz

Dieses Kapitel hat die Behandlung der weiblichen Inkontinenz zum Gegenstand. Es stellt Ihnen die auf Grundlage der folgenden Publikationen entwickelte praktische Methode vor:

Fall M., Lindström S.,
Electrical Stimulation: A Physiologic Approach to the Treatment of Urinary Incontinence
Urologic Clinics of North America 18: 393-407, 1991

Plevnik S., Vodusek D.B., Vracnik P.,
Optimization of pulse duration for electrical stimulation in treatment of urinary incontinence.
World J Urol 4: 22-23, 1986

Lindström S., Fall M., Carlsson C.A.,
The neurophysiological basis of bladder inhibition in response to intravaginal electrical stimulation.
J Urol 129: 129: 405-410, 1983

Fall M., Erlandson B.E., Sundin T.,
Intravaginal electrical stimulation: Clinical experiments on bladder inhibition.
Scand J Urol Nephrol Suppl 44: 41, 1978

Amaro JL, Gameiro MOO, Padovani CR,
Treatment of urinary stress incontinence by intravaginal electrical stimulation and pelvic floor physiotherapy.
Int. Urogynecol. Journal 14: 204-208, 2003

Man unterscheidet zwei Arten von Harnphasen: kurze Phasen mit willentlicher Ausscheidung von Urin, getrennt durch lange Phasen, in denen sich die Blase allmählich füllt. Die Kontinenz, d.h. die Abwesenheit einer Urinabsonderung während der Füllphase, erfordert einerseits eine entspannte Blase und andererseits eine permanente Schließung des Harnröhrenschließmuskels. Die Störung eines dieser beiden Elemente hat eine Harninkontinenz zur Folge. Klinisch werden drei Arten der Inkontinenz unterschieden:

1

Dranginkontinenz (urge incontinence): Die Blase kontrahiert anomal und stößt Urin aus bei einer gleichzeitigem Steigerung des Blaseninnendrucks.

2

Stressinkontinenz (stress incontinence): Der Harnröhrenschließmuskel ist in seiner Funktion gestört und kann bei einem

plötzlichen erheblichen Anstieg des abdominalen Drucks (Anstrengung, Husten usw.) nicht geschlossen bleiben.

3

Mixed Inkontinenz: Verbindung von Dranginkontinenz und Stressinkontinenz in mehr oder weniger stark ausgeprägten Proportionen.

1) Dranginkontinenz

Da diese Art der Inkontinenz auf eine Hyperaktivität des M. detrusor (Blasenmuskel - Gesamtheit der glatten Muskulatur der Blase) zurückzuführen ist, besteht die Behandlung in der Reduzierung der Aktivität dieser Muskulatur. Der M. detrusor wird einerseits vom Parasympathikus gesteuert, der seine Aktivität steigert, und andererseits vom Sympathikus, der sie verringert. Verschiedene Mechanismen hemmen die Aktivität des M. detrusor. Unter anderem existiert ein inhibitorischer Reflex, ausgehend von den sensiblen Nervenfasern der Vaginalregion. Die Erregung dieser Afferenzen (aus den Ästen des inneren Nervus pudendus kommend) hat eine zweifache hemmende Wirkung auf den M. detrusor:

1

durch Aktivierung der inhibitorischen Neuronen des Sympathikus

2

durch zentrale Hemmung der aktivierenden Motoneuronen des Parasympathikus

Die elektrische Erregung dieser Afferenzen ruft eine optimal hemmende Wirkung hervor bei

- einer Frequenz von 5 Hz über den Sympathikus
- einer Frequenz von 5 bis 10 Hz über das zentrale Nervensystem.

METHODE

1 - Protokoll

Dranginkontinenz:
Wochen 1 - 3

2 - Behandlungsablauf

Drei Sitzungen pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

Verwendung einer Vaginalsonde

4 - Körperposition

Die Patientin befindet sich in Rückenlage mit einem Polster unter dem Gesäß und um 90° angewinkelten Beinen auf dem Behandlungstisch, die Füße sind flach auf den Tisch gestellt.

5 - Stimulationsenergie

Die Energie allmählich steigern, bis die Patientin die Stimulation, d.h. die 5 Impulse pro Sekunde, wahrnimmt. Anschließend die Energie weiter steigern, bis ein Wert erreicht ist, der dreimal so hoch ist wie die Wahrnehmungsschwelle.

2) Stressinkontinenz

Beim Schließmuskel der Blase kommen drei konzentrische Elemente zusammen:

1. die glatte Muskulatur der Harnröhre
2. der intramurale quergestreifte Sphinkter
3. der paraurethrale Teil der quergestreiften Muskulatur des Beckenbodens.

Der intramurale quergestreifte Sphinkter besteht ausschließlich aus langsam leitenden Fasern (Typ I), während der paraurethrale Teil auch schnell leitende Fasern (Typ IIb) enthält. Der intramurale quergestreifte Sphinkter ist demnach ausdauernd, aber nicht sehr kräftig. Er kann eine längere Schließung der Blase aufrechterhalten; kann aber (z.B. beim Husten) keinem heftigen und intensiven Ansteigen des Blaseninnendrucks standhalten. In diesem Fall sind es die schnell leitenden Fasern des paraurethralen Teils, die für die Kontinenz sorgen müssen, indem sie während des kurzen Moments des Druckanstiegs stark kontrahieren.

Normalerweise kann der paraurethrale Teil der quergestreiften Muskulatur des Beckenbodens durch Kontraktion einen urethralen Schließdruck zu erzeugen, der wesentlich größer ist als der, der beim Husten in die Blase übermittelt wird. Wenn diese Muskeln jedoch im richtigen Augenblick nicht schnell genug ausreichend Kraft entwickeln können, kommt es zu Urinabgang aus der Blase: es liegt eine Stressinkontinenz vor.

Die Behandlung dieser Art von Inkontinenz hat zum Ziel, den Schließmuskel zu stärken. Hierfür sollte ein Programm der Elektrostimulation durchgeführt werden, bei dem tetanische Kontraktionen des paraurethralen Teils der quergestreiften

Muskulatur des Beckenbodens mittels der Frequenzen der Tetanisierung der schnell leitenden Fasern veranlasst werden.

METHODE

1 - Protokoll

Stressinkontinenz:
Wochen 1 - 3

2 - Behandlungsablauf

Wöchentlich fünf Sitzungen

3 - Elektrodenplatzierung

Verwendung einer Vaginalsonde

4 - Körperposition

Die Patientin befindet sich in Rückenlage mit einem Polster unter dem Gesäß und um 90° angewinkelten Beinen auf dem Behandlungstisch, die Füße sind flach auf den Tisch gestellt.

5 - Stimulationsenergie

Es muss immer mit der maximal erträglichen Energie gearbeitet werden. Daher ist es wichtig, im Verlauf der Sitzung die Energie regelmäßig alle 3 oder 4 Kontraktionen zu erhöhen. Der Therapeut spielt eine entscheidende Rolle, indem er die Patientin motiviert, mit den stärkstmöglichen Kontraktionen zu arbeiten.

3) Mixed Inkontinenz

Viele Patienten weisen keine eindeutige Dranginkontinenz oder Stressinkontinenz auf. Oft liegt eine Mischung beider Arten von Inkontinenz in variablen Anteilen vor. In diesen Fällen ist es schwierig, zu bestimmen, welches das vorherrschende Symptom ist.

Die Behandlung durch Elektroneurostimulation ist bei dieser Art der Inkontinenz besonders vorteilhaft, vor allem mit dem Compex-Gerät. Mit diesem Stimulator kann eine kombinierte Therapie der Hemmung des M. detrusor und der Stärkung der urethralen Schließmuskulatur im Verlauf der gleichen Sitzung mit demselben Stimulationsprogramm durchgeführt werden.

Die Stärkung des Schließmuskels der Blase wird erreicht durch tetanische Kontraktionen mit der optimalen Frequenz der Tetanisierung der schnell leitenden Fasern. Zwischen diesen tetanischen

Kontraktionen, während der Ruhephase, ermöglicht eine sehr niedrige Frequenz (5 Hz) die Hemmung des M detrusor.

METHODE

1 - Protokoll

Mixed Inkontinenz:
Wochen 1 – 3

2 - Behandlungsablauf

Fünfmal wöchentlich

3 - Elektrodenplatzierung

Verwendung einer Vaginalsonde

4 - Körperposition

Die Patientin befindet sich in Rückenlage mit einem Polster unter dem Gesäß und um 90° angewinkelten Beinen auf dem Behandlungstisch, die Füße sind flach auf den Tisch gestellt.

5 - Stimulationsenergie

Die Intensität der tetanischen Kontraktionen zur Stärkung zu Beginn der Sitzung zum einen und die Intensität der sehr niedrigen Frequenz der Hemmung des M. detrusor zwischen den Kontraktionen zum anderen sind getrennt zu regeln.

1
Während der sehr niedrigen Frequenz der Hemmung des M. detrusor (Dauer 24 s zwischen 2 Kontraktionen): Es ist eine Energie zu verwenden, die dreimal so groß ist wie die Wahrnehmungsschwelle. Die Energie wird allmählich gesteigert, bis die Patientin die 5 Impulse pro Sekunde wahrnimmt. Sobald so der Schwellenwert bestimmt ist, wird die Energie allmählich gesteigert, bis ein Wert erreicht ist, der dreimal so hoch ist.

2
Während der tetanischen Kontraktionen (Dauer der Kontraktion 4 s): Hier muss immer mit der maximal erträglichen Energie gearbeitet werden. Daher ist es wichtig, im Verlauf der Sitzung die Energie regelmäßig alle 3 oder 4 Kontraktionen zu erhöhen. Der Therapeut spielt eine entscheidende Rolle, indem er die Patientin motiviert mit den stärkstmöglichen Kontraktionen zu arbeiten.

4) Prävention Post Partum

Die Schwangerschaft und in einem noch erheblicheren Umfang die Geburt stellen für die Beckenregion ein erhebliches Trauma dar. Die Folgen dieses Traumas haben vielfältige Aspekte: Muskelverlängerung, Muskelriss, Veränderung der Körperform, Kraftverlust und Verlust der Kontrolle über die quergestreifte Muskulatur des Beckenbodens etc. Harninkontinenz ist eine relativ häufige Folge. Aus diesem Grund ist eine präventive Behandlung zur postpartalen Beckenmuskulaturbildung durch neuromuskuläre Elektrostimulation indiziert.

METHODE

1 - Protokoll

Die Behandlung kann 6 bis 8 Wochen nach der Niederkunft beginnen.

2 - Behandlungsablauf

Drei Mal pro Woche

3 - Elektrodenplatzierung

Verwendung einer Vaginalsonde

4 - Körperposition

Die Patientin befindet sich in Rückenlage mit einem Polster unter dem Gesäß und um 90° angewinkelten Beinen auf dem Behandlungstisch, die Füße sind flach auf den Tisch gestellt.

5 - Stimulationsenergie

Verwenden Sie die maximal von der Patientin noch zu ertragende Energie. Die Energie sollte während der Sitzung regelmäßig alle 3 oder 4 Kontraktionen erhöht werden. Der Therapeut spielt eine entscheidende Rolle, indem er die Patientin motiviert, mit den stärkstmöglichen Kontraktionen zu arbeiten.

Hemiplegie - Spastizität

Dieses Kapitel befasst sich mit den speziellen Problemen von Hemiplegikern. Darunter auch Spastizität, wie sie nicht nur bei Hemiplegikern, sondern auch bei den meisten Beeinträchtigungen des zentralen Nervensystems auftritt (Lähmung aller vier Extremitäten (Quadriplegie), Querschnittslähmung (Paraplegie), multiple Sklerose, usw.). Die hier vorgestellten praktischen Behandlungsmethoden stützen sich auf folgende Veröffentlichungen:

Wal J.B.
Modulation of Spasticity: Prolonged Suppression of a Spinal Reflex by Electrical Stimulation
Science 216: 203-204, 1982

Baker L.L., Yeh C., Wilson D., Waters R.L.
Electrical Stimulation of Wrist and Fingers for Hemiplegic Patients
Physical Therapy 59: 1495-1499, 1979

Alfieri V.
Electrical Treatment of Spasticity
Scand. J Rehab Med 14: 177-182, 1982

Carnstan B., Larsson L., Prevec T.
Improvement of Gait Following Electrical Stimulation
Scand J Rehab Med 9: 7-13, 1977

Waters R., McNeal D., Perry J.
Experimental Correction of Foot Drop by Electrical Stimulation of the Peroneal Nerve.
J Bone Joint Surg [Am] 57: 1047-54, 1975

Liberson WT, Holmquest HJ, Scot D.
Functional Electrotherapy: Stimulation of the Peroneal Nerve Synchronized with the Swing Phase of the Gait Hemiplegic Patient.
Arch Phys Med Rehabil 42: 101-105, 1961

Levin MG, Knott M., Kabat H.
Relaxation of Spasticity by Electrical Stimulation of Antagonist Muscles.
Arch Phys Med 33: 668-673, 1952

Die Anwendung der in diesem Kapitel vorgestellten Behandlungsverfahren erfolgt mit Hilfe von Programmen der Kategorie **Spastizität** und manche dieser Programme erfordern die manuelle Auslösung der einzelnen Kontraktionen. Alle Programme führen, bei richtiger Anwendung auf die jeweiligen Antagonisten der spastischen Muskeln, zu einer Verringerung der Spastizität. Bestimmte Programme wurden ausschließlich für die Behandlung von Spastizität entwickelt, andere für die Behandlung von speziellen Leiden und Komplikationen von Hemiplegikern, wie z.B. die neuromuskuläre

Elektrostimulation am Fuß sowie die Subluxation der Schulter.

1) Dorsalflexion des Fußes von Hemiplegikern

Eines der bei Hemiplegikern auftretenden Probleme ist die mehr oder weniger stark ausgeprägte Schwierigkeit, ja sogar Unmöglichkeit, die Fußspitze willentlich zu heben. Daraus ergibt sich beim Laufen eine Senkung des Fußes, und zwar während der Phase des Bewegungsablaufs, während der betroffene Fuß vom Boden abgehoben ist.

Bei der Anwendung auf die Hebemuskeln des Fußes (vorderer Schienbeinmuskel und Streckmuskel des Zehs) ermöglicht es die neuromuskuläre Elektrostimulation, eine Dorsalflexion zu erreichen. Die Elektrostimulation wirkt funktional, wenn die von ihr erzeugte Dorsalflexion mit dem Bewegungsablauf so synchronisiert ist, dass eine Senkung des Fußes, während dieser vom Boden abgehoben ist, verhindert wird.

Auf diese Weise ermöglicht die neuromuskuläre Elektrostimulation eine Rehabilitation des Bewegungsablaufs von Hemiplegikern. Dabei kontrolliert der Patient selbst das Auftreten der Kontraktion mit Hilfe der manuellen Auslösung und kann somit die Dorsalflexion des Fußes im geeigneten Moment auslösen.

Bei dieser Rehabilitationsform wird nicht nur die Kraft der Hebemuskeln im Fuß gesteigert und die Spastizität des Trizeps-Muskels der Wade verringert. Zusätzlich ergibt sich ein psychologischer Vorteil für den Patienten, da dieser erkennt, dass seine Hebemuskeln in Fuß und Zeh durchaus noch funktionsfähig sind. Zudem lässt sich nach der Elektrostimulationssitzung feststellen, dass sich die willkürliche Dorsalflexion beim Laufen für eine bestimmte Zeitdauer verbessert.

Dennoch kann diese Rehabilitationsform des Bewegungsablaufs beim Laufen nicht bei allen Hemiplegikern angewendet werden. Es sind zwei Fälle zu berücksichtigen:

1 - Wenn die Stimulation der Hebemuskeln des Fußes aufgrund eines Reflexes zu Spasmen in den Muskeln der unteren Gliedmaßen führt, muss auf die Anwendung dieser Methode verzichtet werden (dieses Phänomen ist bei Hemiplegikern eher selten, tritt aber häufig bei Patienten auf, die an einer Lähmung aller vier Extremitäten leiden).

2 - Wenn die Spastizität des Trizeps der Wade so stark ausgeprägt ist, dass eine zufriedenstellende Dorsalflexion nicht erzielt werden kann, müssen zunächst die Programme für die Behandlung von Spastizität in den unteren Gliedmaßen angewendet werden. Wenn dann die Spastizität des Trizeps ausreichend verringert worden ist, kann erneut der Bewegungsablauf mit Hilfe der neuromuskulären Elektrostimulation therapiert werden.

Dorsalflexion des Fußes von Hemiplegikern

METHODE

VERWENDUNG VON KANAL 1
(andere Kanäle sind bei diesem Programm inaktiv)

1 - Protokoll

Hemiplegischer Fuß

2 - Behandlungsablauf

Mindestens 3 Sitzungen pro Woche. Die Dauer der Behandlung hängt in hohem Maße vom erzielten Fortschritt ab.

3 - Elektrodenplatzierung

Zur Stimulation der Hebemuskeln des Fußes genügt ein Kanal. Die kleine positive Elektrode wird unterhalb des Tibiaköpfchens befestigt, wo der N. Peroneus Communis verläuft. Die große negative Elektrode wird schräg auf halber Höhe an der Außenseite des Beins angelegt. Wenn die Stimulation eine Kontraktion auslöst, die die seitlichen Peronealmuskeln dominiert, wird die obere Elektrode weiter vorne, auf Höhe des hinteren Zweiges des Nervus peroneus communis, der den vorderen Schienbeinmuskel durchläuft, angelegt (Streckmuskel des großen Zehs und gemeinsamer Streckmuskel aller Zehen).

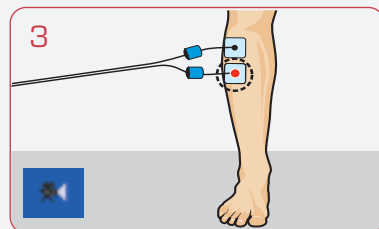
4 - Stimulationsenergie

Arbeiten Sie mit einer Energie, die ausreichend hoch ist, um eine leichte Dorsalflexion zu erzielen, so dass der Fuß beim Gehen stabil bleibt. Bei dieser Anwendung haben stärkere Kontraktionen keinen Sinn, da diese leicht auch die Antagonisten stimulieren könnten.

Die Kontraktionsphase muss einerseits über einen Druck auf die + Taste ausgelöst werden und andererseits von sehr kurzer Dauer sein. Verfahren Sie daher für die Energieeinstellung wie folgt:

Nachdem Sie das Behandlungsniveau **Hemiplegischer Fuß** ausgewählt und die Taste START gedrückt haben, ertönt eine

Melodie, auf dem Display erscheinen blinkende + Zeichen und es ertönt ein Signalton. Drücken Sie auf eine der + Tasten und die Kontraktion wird ausgelöst. Da diese Kontraktionsphase von sehr kurzer Dauer (knapp eine Sekunde) ist, muss der Druck auf die Taste + unverzüglich erfolgen, um die für eine zufriedenstellende Dorsalflexion erforderliche Energie zu erreichen.



2) Spastizität

A - Zur Erinnerung

Mit dem Begriff Spastizität bzw. spastische Hypertonie wird der Zustand von motorisch geschwächten bzw. gelähmten Muskeln beschrieben, die u.a. folgende Hauptsymptome in unterschiedlich starker Ausprägung zeigen: Erhöhung des Muskeltonus der der Schwerkraft entgegen wirkenden Muskeln, Hyperreflexie und Klonus.

Bei einer passiven Streckbewegung eines spastischen Muskels, lässt sich ein Widerstand gegen die Bewegungsauflösung beobachten, der im Verlauf der Streckung abnimmt. Je schneller die passive Streckbewegung erfolgt, desto ausgeprägter zeigt sich der Widerstand gegen sie. Bei extrem schnellen und kontinuierlichen passiven Streckbewegungen lässt sich ein Klonus beobachten, d.h. eine kontraktile Schwingung von 5-7 Hz, die 40-60 Zyklen lang anhält, solange die Streckbewegung ausgeführt wird.

Die Spastizität ist auf eine Verletzung des zentralen Nervensystems am Berührungspunkt mit der Pyramidenbahn zurückzuführen. Diese Unterbrechung der zentralen Steuerung lässt der Aktivität des monosynaptischen Streckreflexes freien Lauf und dieser wird hyperaktiv. Da dieser Streckreflex für den Muskeltonus verantwortlich ist, entwickelt sich eine Hypertonie, die sich dominierend auf die der Schwerkraft entgegen wirkenden Muskeln (Streckmuskeln der unteren bzw. Beugemuskeln der oberen Gliedmaßen) auswirkt, da diese Muskeln mehr Muskelspindeln besitzen als ihre jeweiligen Antagonisten.

Mit der Zeit führt die Spastizität zu einer Retraktion der Muskel-Sehnen-Strukturen und einer reduzierten Gelenkamplitude.

B - Nutzung der neuromuskulären Elektrostimulation

Von den Muskelspindeln gehen die afferenten, propriozeptiven Nervenfasern aus, die einerseits direkt mit den - Motoneuronen des Muskels und andererseits indirekt (über Interneuronen) mit den a-Motoneuronen des Antagonisten-Muskels verbunden sind. Durch die Muskelstreckung werden auf diese Weise die afferenten, propriozeptiven Nervenfasern der Muskelspindeln angeregt. In der Folge aktivieren sie zum einen auf monosynaptischem Weg die α -Motoneuronen des gestreckten Muskels (monosynaptischer Streckreflex), zum anderen inhibieren sie über Interneuronen die α -Motoneuronen des Antagonisten-Muskels (reziproker Inhibitionsreflex).

Die neuromuskuläre Elektrostimulation regt nun nicht nur die a-Motoneuronen des betreffenden Muskels an, sondern auch – und wesentlich leichter – seine afferenten, propriozeptiven Fasern, deren Reizschwelle tiefer liegt. Die Reizung dieser Fasern aktiviert einerseits die α -Motoneuronen dieses Muskels und inhibiert andererseits die α -Motoneuronen des Antagonisten-Muskels (reziproker Inhibitionsreflex). Gerade den zuletzt genannten Vorgang macht man sich bei der Behandlung von Spastizität mit Hilfe der neuromuskulären Elektrostimulation zunutze: **Wenn man den Antagonisten eines spastischen Muskels einer neuromuskulären Elektrostimulation unterzieht, so führt dies zu einer Verringerung der Spastizität, da die α -Motoneuronen des spastischen Muskels durch den reziproken Inhibitionsreflex gehemmt werden.**

Dieses Phänomen, also die Inhibition der α -Motoneuronen durch die Elektrostimulation des Antagonisten-Muskels, zeigt sich sehr deutlich bei der Elektromyographie. Tatsächlich verringert sich die Amplitude des per Stimulus ausgelösten Hoffmann-Reflexes eines Muskels, wenn der Bewegungsnerv des entsprechenden Antagonisten-Muskels stimuliert wird.

Die neuromuskuläre Elektrostimulation stellt ein leistungsfähiges Werkzeug für die Behandlung von Spastizität dar. Nicht nur, weil sie zu einer Verringerung der Hypertonie führt, sondern auch weil sie eine Kräftigung des Antagonisten-Muskels ermöglicht. Zudem bewirkt sie – und zwar wesentlich besser als die klassischen passiven Methoden – eine vorbeugende bzw. heilende Streckung bei einer Kontraktur von spastischen Muskeln.

Dennoch ist sorgfältig darauf zu achten, dass die neuromuskuläre Elektrostimulation bei der Behandlung von Spastizität auch tatsächlich richtig angewandt wird, damit sie ihre positive Wirkung entfalten kann. Die

direkte Stimulation von spastischen Muskeln ist dabei ebenso zu vermeiden wie die indirekte Stimulation durch Ausbreitung, wie sie bei überhöhter Energie auftreten kann. Außerdem sollte man, wie im Standardprogramm angegeben, mit schrittweise zunehmenden elektroinduzierten Kontraktionen arbeiten, um beim spastischen Muskel einen Streckreflex zu verhindern.

Von Spastizität sind in erster Linie die der Schwerkraft entgegen wirkenden Muskeln der unteren Gliedmaßen und die Flexoren der oberen Gliedmaßen betroffen. Je nach Schädigung der Pyramidenbahn (Hemiplegie, Quadriplegie, Paraplegie, multiple Sklerose, usw.), kann sich die Spastizität bei diesen jedoch in stark unterschiedlicher Ausprägung zeigen und auch die Zahl der am stärksten betroffenen Muskeln ist unterschiedlich hoch. Im Übrigen kann sich die Spastizität von Patient zu Patient unterschiedlich stark bei verschiedenen Muskeln und auch in unterschiedlicher Ausprägung manifestieren, selbst bei identischer Schädigung der Pyramidenbahn. Aus diesem Grund muss jeder Fall einzeln bewertet werden. Es obliegt daher dem Therapeuten, eine exakte klinische Untersuchung des betreffenden Patienten vorzunehmen und die Muskeln zu bestimmen, die einer Behandlung unterzogen werden müssen.

Im Allgemeinen sind insbesondere die folgenden Muskeln von Spastizität betroffen:

- Im Bereich der unteren Gliedmaßen:
 - Trizeps-Muskel der Wade
 - Quadrizeps-Muskel
 - Adduktoren
 - großer Gesäßmuskel
- Im Bereich der Schulter:
 - breiter Rückenmuskel
 - großer Brustmuskel
- Im Bereich der oberen Gliedmaßen:
 - zweiköpfiger Armstrecker
 - Beugemuskeln von Fingern und Handgelenk

Je nach Patient wird die neuromuskuläre Elektrostimulation bei der Behandlung von Spastizität auf einen oder mehrere der folgenden Muskeln angewendet: vorderer Schienbeinmuskel, Streckmuskel der Zehen, seitliche Unterschenkelmuskeln, Wadenbeinmuskel, Spanner d. Fasciae latae, Iliopsoas, Deltamuskel, M. supraspinatus, dreiköpfiger Armstrecker, Streckmuskel von Fingern und Handgelenk.

Behandlung von Spastizität

METHODE

1 - Protokoll

Spastizität: Anpassung an Behandlungsfortschritt.

2 - Behandlungsablauf:

1-2 Sitzungen von 20-30 Minuten pro Tag

3 - Elektrodenplatzierung

Die Elektroden werden am Antagonisten des zu behandelnden spastischen Muskels angebracht. Stimuliert wird ausschließlich der Antagonisten-Muskel, nicht jedoch der spastische Muskel selbst! Siehe Positionierung der Elektroden auf den Bildern des Anwendungshandbuchs.

4 - Körperposition

Der Patient bzw. der zu behandelnde Körperbereich müssen so gelagert werden, dass bei der Bewegung eine maximale Gelenkamplitude erzielt werden kann. Im Gegensatz zu den klassischen Regeln beim Einsatz von NMES ist es bei diesen Behandlungen vorteilhaft, eine isotonische Kontraktion des Antagonisten-Muskels zu erreichen, die eine Bewegung bis zur maximalen Gelenkamplitude ermöglicht und damit eine maximale Streckung des spastischen Muskels hervorruft.

- Untere Gliedmaßen:
Bein: Patient sitzt;
Oberschenkel: Horizontallagerung (Bauch);

- Beckengürtel:
Horizontallagerung (Rücken);

- Schultergürtel:
Patient sitzt, Arm 30° vom Körper abgewinkelt, Ellenbogen aufgestützt;

- Obere Gliedmaßen:
Patient sitzt, Trizeps: Ellenbogen nach außen gedreht (Supination); Streckmuskeln Finger-/Handgelenk: nach innen gedreht (Pronation).

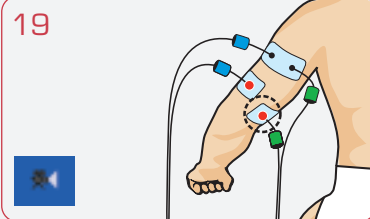
5 - Stimulationsenergie

Arbeiten Sie grundsätzlich mit einer Energie, bei der es nicht zu einer Ausbreitung der Stimulation in den Bereich des spastischen Muskels kommt. Die Energie zur Stimulation muss jedoch in einem Bereich liegen, bei dem eine isotonische Kontraktion des Antagonisten-Muskels zu einer Bewegung führt, bis die maximale Gelenkamplitude erreicht ist und es somit zur größtmöglichen Streckung des spastischen Muskels kommt. Dies kann nicht erreicht werden, wenn das Ungleichgewicht zwischen Agonist und Antagonist zu stark ausgeprägt ist, was dann der Fall ist, wenn die Spastizität eines Muskels größer ist als die Kontraktionskraft seines verkümmerten Antagonisten. Die Stimulation ermöglicht somit lediglich eine mehr oder weniger eingeschränkte Bewegung bzw. überhaupt keine Bewegung. Die Behandlung sollte sogar in dieser Situation durchgeführt werden, weil die Stimulation durchaus einen – wenn auch eingeschränkten – Rückgang der Spastizität bewirkt.

6 - Manuelle Auslösung der Stimulation

Wenn Sie den *Mi*-SENSOR verwenden (was zu empfehlen ist), beginnt die Stimulationsitzung automatisch mit der Messung der Chronaxie (*Mi*-SCAN). Dieser kurze, etwa 10 Sekunden dauernde Test ermöglicht die Adaptation der optimalen Dauer des Stimulationsimpulses und garantiert somit höchsten Komfort. Wenn der *Mi*-SENSOR nicht benutzt wird, muss die Behandlungszone zuvor gewählt werden. Anschließend muss die Energie allmählich bis zur ersten Kontraktion des Antagonisten erhöht werden.

Nach jeder Kontraktion folgt eine Ruhephase von 5 Sekunden. Nach Ablauf dieser Zeit muss die + Taste eines beliebigen Kanals gedrückt werden, um die nächste Kontraktion auszulösen. Auf diese Weise lassen sich die Kontraktionen manuell auslösen und somit auch kontrollieren. Dieses Verfahren bietet für den Patienten einen psychologischen Vorteil und gestattet es ihm, die Behandlung mit der eigenen Hand auszulösen und synchron mit den entsprechenden Bewegungen durchzuführen.



7 - Zugehörige Bewegungen

- Passive Mobilisierung:
Wenn die Stimulation des Antagonisten-Muskels nicht ausreicht, um eine maximale Gelenkamplitude zu erzielen, muss die Bewegung durch eine passive Mobilisierung vervollständigt werden. Dazu lässt man die elektroinduzierte Kontraktion bis zum Punkt der größtmöglichen Gelenkamplitude ablaufen und vervollständigt anschließend die Bewegung durch sanften und schrittweisen Druck. Es kann vorkommen, dass der Zyklus dieser unterstützten Kontraktion länger ist als die programmierte Dauer der elektroinduzierten Kontraktion, die somit nicht während der gesamten passiven Bewegung aufrecht erhalten werden kann. In diesem Fall lässt sich die elektroinduzierte Kontraktion wie gewünscht verlängern, indem man gleichzeitig die Tasten + und - des verwendeten Kanals drückt. Die Kontraktion dauert dann solange an, wie die beiden Tasten gedrückt gehalten werden.

3) Die Hand von Hemiplegikern

Bei Hemiplegikern sind Hand und Handgelenk motorisch geschwächt oder

sogar gelähmt, was mit einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Spastizität der Beugemuskeln sowie einer Atrophie der Streckmuskeln einher geht. Wenn keine regelmäßige Behandlung zur Aufrechterhaltung der Ergebnisse erfolgt, entwickelt sich diese stark beeinträchtigende Situation zu einer Kontraktur, verbunden mit Deformierungen. Wie bei der Dorsalflexion des Fußes von Hemiplegikern schlagen wir auch bei diesem Problem eine ganz spezifische Behandlung mit Hilfe der neuromuskulären Elektrostimulation vor, auch wenn im vorhergehenden Abschnitt bei der Behandlung von Spastizität bereits eine Reihe von Punkten erläutert wurde, die beiden Behandlungen gemein sind.

METHODE

1 - Protokoll

Spastizität

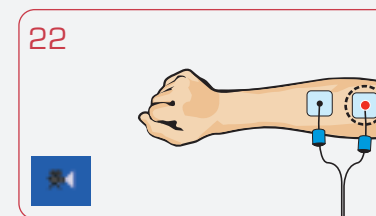
2 - Behandlungsablauf

1-2 Sitzungen von 20 Minuten pro Tag.

3 - Elektrodenplatzierung

Für die Stimulation der Streckmuskeln der Finger und des Handgelenks genügt ein Kanal. Die kleine positive Elektrode wird auf den Muskeln ca. zwei Finger breit unter dem Epikondylus befestigt. Die kleine negative Elektrode wird auf der Rückseite des Unterarms, in Höhe des Übergangs vom unteren zum mittleren Drittel angelegt.

Die Position der Elektroden ist so zu wählen, dass zunächst eine Streckung der Finger, gefolgt von einer Streckung des Handgelenks, erreicht wird. Die alleinige Streckung des Handgelenks in Verbindung mit der Flexion der Interphalangealgelenke (proximal und distal) stellt keine optimale Arbeitsleistung dar. Zunächst gilt es also, eine Streckung der Interphalangealgelenke zu erzielen!



4 - Körperposition

Der Patient sitzt neben einem Tisch. Der Ellenbogen und der Unterarm ruhen auf dem Tisch, die Schulter befindet sich in funktioneller Position, der Ellenbogen ist gebeugt und die Hand nach innen gedreht.

5 - Stimulationsenergie

Arbeiten Sie grundsätzlich mit einer Intensität, bei der es nicht zu einer Ausbreitung der Stimulation in den Bereich der Beugemuskeln von Fingern und Handgelenk kommt.

Im Idealfall liegt die Stimulationsenergie in einem Bereich, bei dem Finger und Handgelenk durch die Kontraktion der Streckmuskeln bis zur maximalen Amplitude der Streckbewegung gestreckt werden. Diese Bewegung kann nicht abgeschlossen werden, wenn die Spastizität der Beugemuskeln die Kontraktionskraft der verkümmerten Streckmuskeln übersteigt. Die Stimulation ermöglicht somit in Extremfällen lediglich eine eingeschränkte Bewegung bzw. überhaupt keine Bewegung. Dennoch sollte in derartigen Situationen die Behandlung durchgeführt werden, weil die Stimulation durchaus einen – wenn auch eingeschränkten – Rückgang der Spastizität bewirkt. Daher wird man eine aus Stimulation und passiver Mobilisierung bestehende Kombinationsbehandlung durchführen.

6 - Manuelles Auslösen der Stimulation

Wenn Sie den Sensor verwenden (was zu empfehlen ist), beginnt die Stimulationsitzung automatisch mit der Messung der Chronaxie (*Mi*-SCAN). Dieser kurze, etwa 10 Sekunden dauernde Test ermöglicht die Adaptation der optimalen Dauer des Stimulationsimpulses und garantiert somit höchsten Komfort. Wenn der *Mi*-SENSOR nicht benutzt wird, muss die Behandlungszone zuvor gewählt werden: Unterarm und Hand. Anschließend muss die Energie in beiden Fällen allmählich bis zur ersten Kontraktion der Streckmuskeln von Handgelenk und Fingern erhöht werden.

Nach jeder Kontraktion folgt eine Ruhephase von 5 Sekunden. Nach Ablauf dieser Zeit muss die + Taste eines beliebigen Kanals gedrückt werden, um die folgende Kontraktion auszulösen. Auf diese Weise lassen sich die Kontraktionen manuell auslösen und somit auch kontrollieren. Dieses Verfahren bietet für den Patienten einen psychologischen Vorteil und gestattet es, die Behandlung synchron mit den entsprechenden Bewegungen durchzuführen.

7 - Zugehörige Bewegungen

- Passive Mobilisierung:
Wenn die Stimulation der Streckmuskeln nicht ausreicht, um eine maximale Streckung von Fingern und Handgelenk zu erzielen, muss die Bewegung durch eine passive Streckung vervollständigt werden. Dazu lässt man die elektroinduzierte Kontraktion bis zum Punkt der größtmöglichen Streckung ablaufen und vervollständigt anschließend die Bewegung durch sanftes und schrittweises Drücken. Es kann vorkommen, dass der Zyklus dieser unterstützten Kontraktion länger ist als die programmierte Dauer der elektroinduzierten Kontraktion, die somit nicht während der gesamten passiven Bewegung aufrecht erhalten werden kann. In diesem Fall lässt sich

die elektroinduzierte Kontraktion wie gewünscht verlängern, indem man gleichzeitig die Tasten + und - des verwendeten Kanals drückt. Die Kontraktion dauert dann solange an, wie die beiden Tasten gedrückt gehalten werden.

4) Die Schulter von Hemiplegikern

A - Zur Erinnerung

Eines der bei Hemiplegikern häufig anzutreffenden spezifischen Probleme ist die Subluxation der motorisch geschwächten bzw. gelähmten Schulter. Die Atrophie in Verbindung mit einem Kraftverlust der Adduktoren des Arms (Deltamuskel und M. supraspinatus) hat zur Folge, dass der Kopf des Oberarmknochens nicht mehr ausreichend gehalten werden kann. Dazu kommt eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Spastizität des großen Brustmuskels und des breiten Rückenmuskels, die ebenfalls den Humeruskopf nach unten ziehen. Diese Situation führt zu einer Dezentrierung des Humeruskopfes bezogen auf die Gelenkpfanne. Mit radiologischen Mitteln lässt sich erkennen, dass die Achse nicht mehr durch den Mittelpunkt der Gelenkpfanne verläuft. Dies entspricht einer Subluxation im eigentlichen Sinn. Eine Subluxation der Schulter führt häufig zum Auftreten von Schmerzen, die lokal in der Schulter vorkommen, aber auch in den oberen Gliedmaßen bis hin zur Hand ausstrahlen können, verursacht durch die Streckung des Plexus brachialis. Dazu kommen bisweilen noch vasomotorische und trophische Beschwerden der Hand wie bei Algoneurodystrophien, die sich zum klassischen Schulter-Hand-Syndrom entwickeln können.

B - Nutzung der neuromuskulären Elektrostimulation

Die neuromuskuläre Elektrostimulation der Adduktoren des Arms (Deltamuskel und M. supraspinatus) ermöglicht es, der Atrophie dieser Muskeln vorzubeugen bzw. sie zu behandeln. Diese Technik eignet sich daher für die vorbeugende oder heilende Behandlung einer Subluxation der Schulter bei Hemiplegikern. Mit radiologischen Mitteln lässt sich eine Rezentrierung des Humeruskopfes in Relation zur Gelenkpfanne feststellen. Im Übrigen können die mit der Subluxation einher gehenden Schmerzen in Schulter und oberen Gliedmaßen mit dieser Behandlungsform effizient verringert werden. Jedoch kann die schmerzlinde Wirkung bei Schmerzen, die in den Bereich der oberen Gliedmaßen ausstrahlen, durch Verwendung der im 4. Kanal programmierten Funktion **TENS** (Gate Control) verstärkt werden. Im Falle des Schulter-Hand-Syndroms, mehr noch bei Schmerzen in der Schulter (die selbst eine Folge der Hemiplegie ist), kommt noch eine Algoneurodystrophie der Hand hinzu. In dieser Situation muss die Algoneurodystrophie mit Hilfe der im Kapitel über diese Pathologie

beschriebenen Programme und Methoden behandelt werden (Algoneurodystrophie).

METHODE

1 - Protokoll

Schulter Subluxation

2 - Behandlungsablauf

1 Sitzung von 25 Minuten pro Tag, 5 Tage pro Woche, 4 Wochen lang

3 - Elektrodenplatzierung

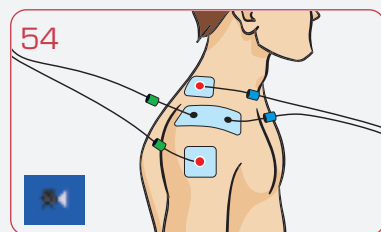
Für die Stimulation der Adduktoren des Arms werden die Kanäle 1 und 2 verwendet (ein Kanal für den Deltamuskel und ein Kanal für den M. supraspinatus). Eine kleine Elektrode wird auf der Seite der Schulter angelegt, in Höhe des mittleren Deltamuskels. Eine weitere kleine Elektrode wird in Höhe des M. supraspinatus befestigt. Der Minuspol der beiden Kanäle wird mit einer großen, wie eine Schulterklappe angelegten Elektrode verbunden. Bei Schmerzen, die in Hand und Unterarm ausstrahlen, benutzt man außerdem die **TENS**-Funktion, die zunächst durch einen Druck auf die + Taste des zweiten Kanals aktiviert werden muss. Die **TENS**-Funktion ist auf dem dritten und vierten Kanal aktiv. Für jeden benutzten Kanal sind zwei große indifferente Elektroden erforderlich, die im Bereich der Schmerzausstrahlung befestigt werden.

4 - Körperposition

Der Patient sitzt neben einem Tisch, sein Ellenbogen und Unterarm ruhen auf einem Polster, das auf diesen Tisch liegt.

5 - Stimulationsenergie

Mit jeder Kontraktion wird die Energie der Stimulation erhöht, bis die maximal erträgliche Energie erreicht ist. Der Therapeut spielt hierbei eine wichtige Rolle, da er den Patienten ermutigen und beruhigen muss, damit dieser auch eine ausreichend hohe Energie erträgt, die zu kraftvollen Kontraktionen führt. Bei Verwendung der **TENS**-Funktion in den Kanälen 3 und 4 wird die Energie in diesen Kanälen so eingestellt, dass der Patient ein deutliches Kribbeln verspürt. Allerdings darf die Energie nicht so hoch gewählt werden, dass es zu einer beginnenden Muskelkontraktion kommt.



Behandlung von Hyperhidrose durch Iontophorese

1 - Protokoll

Hyperhidrose: Die erste Sitzung wird mit der automatisch [standardmäßig] eingestellten elektrischen Stärke von 0,05mA/cm² durchgeführt. Danach muss diese Stärke bei jeder der folgenden Sitzungen um 0,01 erhöht werden.

- Erste Sitzung: D = 0,05 mA/cm²
- Zweite Sitzung: D = 0,06 mA/cm²
- Dritte Sitzung: D = 0,07 mA/cm² etc...

2 - Behandlungsablauf

Drei Sitzungen pro Woche bis zur Remission der Symptome, im Allgemeinen zwischen 5 und 10 Sitzungen.

3 - Elektrodenplatzierung

Verwenden Sie Kanal 1, verbinden Sie die + und - Ausgänge mit den beiden großen roten Iontophorese-Elektroden und setzen Sie die Elektroden auf den Boden eines nicht metallischen, zu zwei Dritteln mit Leitungswasser gefüllten Behälters.

4 - Körperposition

Der Patient sitzt und hält die Füße oder Hände in den Behälter. Die Handflächen oder Fußsohlen berühren die Elektroden.

5 - Intensität

Bei diesen Programmen steigt die Intensität automatisch nach der ersten Festlegung (+ oder - Taste des vierten Kanals) der Auswahl der gewünschten Stromstärke.

METHODE

VERWENDEN SIE KANAL 1 (die anderen Kanäle sind bei diesem Programm inaktiv)

Behandlung eines traumatischen Ödems

In diesem Kapitel wird ausschließlich die elektrotherapeutische Behandlung von traumatischen Ödemen erörtert. Die praktische Methode wurde aus folgenden Veröffentlichungen entwickelt:

Bettany JA, Fish DR, Mendel FC
High-voltage pulsed direct current: effect on edema formation after hyperflexion injury
 Arch Phys Med Rehabil 71 (9): 677 - 81; 1990

Karnes JL, Mendel FC, Fish DR, Burton HW
High-voltage pulsed direct current: its influence on diameters of histamine-dilated arterioles in hamster cheek pouches
 Arch Phys Med Rehabil 76 (4): 381 - 6; 1995

Fish DR, Mendel FC, Schultz AM, Gottstein-Yerke LM
Effect of anodal high-voltage pulsed current on edema formation in frog hind limbs
 Phys Ther 71 (10): 677 - 81; 1991

Taylor K, Fish DR, Mendel FC, Burton HW
Effect of a single 30-minute treatment of high voltage pulsed current on edema formation in frog hind limbs
 Phys Ther. 72 (1):63 – 8; 1992

Der Einsatz von gepulstem Gleichstrom ermöglicht es, das Volumen des Ödems in den ersten 3 oder 4 Tagen nach seinem Auftreten zu begrenzen. Taylor wies zwar einen Rückgang des Ödems nach einer einzigen 30-Minuten-Sitzung nach, diese Verbesserung ist jedoch nur vorübergehend (etwa 6 Stunden). Für eine dauerhafte Verbesserung muss die Behandlung in einem Rhythmus von drei Sitzungen täglich durchgeführt werden. Zwischen diesen Sitzungen werden andere Behandlungstechniken zur Reduzierung des Ödems angewendet (Cryotherapie, Druckverbände, Hochlagerung...), um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Die Aktionsmechanismen von gepulstem Gleichstrom (ein Strom aus einphasigen elektrischen Impulsen) sind bis heute noch nicht genau erforscht. Die Hypothese der gefäßverengenden Wirkung wurde von Karnes widerlegt. Die wahrscheinlichste Hypothese ist ein lokaler Rückgang der Dichte der Proteinsubstrate, entweder durch die Senkung der Permeabilität der Gefäßmembran oder durch die Hemmung der Organisation der Proteinmoleküle oder durch Kombination beider Mechanismen.

METHODE

1 - Protokoll

Ödem: T1 bis T4

2 - Behandlungsablauf

3 Sitzungen pro Tag, bis zu einer Sitzung alle vier Stunden

3 - Elektrodenplatzierung

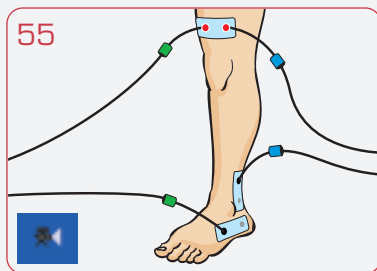
Der negative Pol ist der aktive Pol. Versuchen Sie, den Bereich des Ödems mit negativen Elektroden abzudecken. Bei einem durch eine Verstauchung des Knöchels hervorgerufenen Ödem beispielsweise benutzt man zwei Stimulationskanäle: Zwei große negative Elektroden werden auf den Bereich des Fußknöchels gesetzt und man benutzt nur jeweils einen Ausgang der beiden Elektroden. Eine große Elektrode wird auf der Höhe der Sehne des Quadrizeps über der Kniescheibe angelegt und mit dem positiven Pol der beiden Stimulationskanäle verbunden.

4 - Körperposition

Der Patient wird möglichst bequem mit gebeugtem Arm oder Bein platziert. Bei einem Ödem des Knöchels beispielsweise den Patienten in Rückenlage bringen und die unteren Extremitäten ungefähr dreißig Zentimeter über der Tischplatte lagern.

5 - Stimulationsintensität

Das Programm **Ödem** beginnt automatisch mit einem kurzen Test, bei dem die Intensität der Stimulation automatisch ansteigt. Der Therapeut versucht, den Beginn der Muskelaktivität visuell oder durch Berührung zu identifizieren. Sobald der Schwellenwert für Bewegung erreicht ist, drückt der Therapeut die + oder - Taste des verwendeten Kanals (Symbol MEMO), und das Programm **Ödem** läuft mit einer Intensität von 90% des Schwellenwerts für Bewegung an.



Elektrostimulation denervierter Muskeln

4 - Ergebnis

Es wurde keine Muskelkontraktion des Deltoideus beobachtet, weder visuell noch durch Palpation. Daraus ist auf eine komplette Denervation zu schließen.

SCHLUSSFOLGERUNG

Der Patient leidet an einer Paralyse des Axillarisnervs mit kompletter Denervation des M. deltoideus, ohne Aussicht auf Reinnervation.

PRAKTISCHE BEHANDLUNG

Die Elektrostimulation des M. deltoideus mit dem Programm **Denerviert** ist in diesem Fall nicht angezeigt. Es muss leider gesagt werden, dass ein denervierter Muskel ohne Aussicht auf Reinnervation immer von Atrophie oder Sklerose betroffen sein wird. Die Rehabilitation ist daher nur palliativ.

1) Situation 1

Komplette Denervation, nach Reinnervationsfrist

Beispiel:

PARALYSE DES AXILLARISNERVS

Ergebnis der Befragung des Patienten:

- Stelle der Verletzung: Komplikation bei einer komplexen Schulterfraktur.
- Zeitpunkt der Verletzung: Der Unfall hat sich vor mehr als 9 Monaten ereignet.

Erste Frage:

Ist die Frist der Reinnervation überschritten?

Der Abstand zwischen der Verletzung und dem motorischen Reizpunkt des Deltoideus beträgt 6-8 cm. Die Reinnervationsfrist beträgt daher drei, höchstens aber sechs Monate. Da die Verletzung neun Monate alt ist, besteht keine Aussicht mehr auf Reinnervation.

Zweite Frage:

Handelt es sich um eine komplette oder partielle Denervation?

Test auf eine komplette oder partielle Denervation des M. deltoideus

1 - Protokoll

Muskelatrophie Stufe 1

2 - Elektrodenplatzierung

Es werden zwei Kanäle eingesetzt: Einer für das vordere, einer für das mittlere Bündel des Deltoideus. Auf dem motorischen Reizpunkt des mittleren Bündels wird eine Fingerbreite unter dem äußeren Rand des Akromions eine positive Elektrode angebracht. Eine weitere positive Elektrode wird auf dem Muskelbauch des vorderen Bündels zentriert. Die beiden negativen Anschlüsse sind mit einer großen Elektrode verbunden, die wie eine Schulterklappe angelegt wird.

3 - Stimulationsenergie

Die Energie wird langsam erhöht, bis signifikante Werte erreicht werden (über 40 oder 50 mA).

2) Situation 2

Partielle Denervation, nach Reinnervationsfrist

Beispiel:

ISCHIASPARESE

Ergebnis der Befragung des Patienten:

- Stelle der Verletzung: Es handelt sich um ein Kompressionssyndrom L4/L5 infolge eines Bandscheibenvorfalles.
- Zeitpunkt der Verletzung: Der Patient leidet seit mindestens drei Jahren an "Steppergang".

Erste Frage:

Ist die Frist der Reinnervation überschritten?

Der Abstand zwischen der Verletzung und den motorischen Reizpunkten der Peronäusloge liegt zwischen 65 und 70 cm. Die Reinnervationsfrist beträgt daher in diesem Fall ungefähr 24 Monate; da die Verletzung des Patienten über drei Jahre alt ist, besteht demzufolge keine Aussicht auf Reinnervation mehr.

Zweite Frage:
Handelt es sich um eine komplette oder partielle Denervation?

est auf eine komplette oder partielle Denervation der muskeln der peronäusloge

1 - Protokoll

Muskelatrophie Stufe 1

2 - Elektrodenplatzierung

Es wird ein Stimulationskanal eingesetzt. Eine kleine positive Elektrode wird unterhalb des Tibiaköpfchens befestigt, wo der N. Peroneus Communis verläuft. Die negative Elektrode (groß) wird transversal auf der mittleren Höhe der lateralen Unterschenkelseite angebracht.

3 - Ergebnisse

Bei progressiver Erhöhung der Intensität ist eine unvollständige Dorsalflexion sowie ein Ansatz einer Pronation des Fußes zu beobachten.

SCHLUSSFOLGERUNG

Der Patient leidet an einer Parese des Ischiasnervs mit partieller Denervation der Muskeln der Peronäusloge; es besteht keine Aussicht auf eine Reinnervation der denervierten Muskelfasern.

PRAKTISCHE BEHANDLUNG

Die Elektrostimulation der Muskeln des antero-lateralen Quadranten des Oberschenkels mit den Programmen **Denerviert** ist erfolglos. Die denervierten Muskelfasern können nicht reinnerviert werden und werden daher immer von Arthrose oder Sklerose betroffen sein.

Es kann jedoch von Interesse sein, mit biphasischen Rechteckimpulsen der Neurostimulation an der innervierten Partie der gelähmten Muskeln zu arbeiten, um eine Hypertrophie der innervierten Muskelfasern zum Ausgleich der denervierten Muskelfasern zu erhalten (kompensatorische Hypertrophie).

METHODE

1 - Protokoll

Muskelatrophie Stufe 1:
Wochen 1 und 2

Muskelatrophie Stufe 2:
Wochen 3 bis 6-8

2 - Elektrodenplatzierung

Es wird ein Stimulationskanal eingesetzt. Die aktive Elektrode (die kleinste) wird unter dem Fibulaköpfchen an der Passage des Peronäusnervs angebracht. Die negative Elektrode (groß) wird transversal auf der mittleren Höhe der lateralen Unterschenkelseite angebracht.

3 - Behandlungsablauf

Drei Mal pro Woche, während sechs bis acht Wochen. Im Anschluss daran Stabilisierung im Rahmen einer Behandlung alle zwei Wochen.

4 - Körperposition

Der Patient steht mit nackten Füßen aufrecht; er verlagert sein Gewicht auf den Innenfuß zur Kompensation der elektrisch-induzierten Bewegung.

3) Situation 3

Komplette Denervation, innerhalb der Reinnervationsfrist

Beispiel:

PARALYSE DES RADIALISNERVS

Die Befragung des Patienten ergibt:

- Stelle der Verletzung: Diese Paralyse ist auf eine Fraktur des Humerusschafts zurückzuführen.
- Zeitpunkt der Verletzung: Diese Fraktur ist vier Monate alt.

Erste Frage:

Ist die Frist der Reinnervation überschritten?

Der Abstand zwischen der Verletzung und den motorischen Reizpunkten der Extensoren der Finger und des Handgelenks beträgt ungefähr zwanzig Zentimeter; die Frist einer Reinnervation beträgt daher ungefähr sieben, höchstens aber neun Monate. Da das Trauma nicht älter als vier Monate ist, ist die Reinnervationsfrist nicht überschritten.

Zweite Frage:

Handelt es sich um eine komplette oder partielle Denervation?

Test auf eine komplette oder partielle Denervation der extensoren der finger und des handgelenks

1 - Protokoll

Muskelatrophie Stufe 1

2 - Elektrodenplatzierung:

Es wird ein Stimulationskanal eingesetzt. Eine kleine positive Elektrode wird auf den fleischigen Teil des Epikondylus angelegt und eine kleine negative Elektrode ein paar Zentimeter darunter auf der Oberseite des Unterarms.

3 - Stimulationsenergie

Die Energie wird langsam erhöht, bis signifikante Werte erreicht werden.

4 - Ergebnisse

Es wurde keine Muskelkontraktion der Extensoren der Finger und des Handgelenks beobachtet, weder visuell noch durch Palpation. Daher ist auf eine komplette Denervation zu schließen.

SCHLUSSFOLGERUNG

Der Patient leidet an einer Paralyse des Radialisnervs mit kompletter Denervation der Extensoren der Finger und des Handgelenks. Es besteht noch Aussicht auf eine Reinnervation.

PRAKTISCHE BEHANDLUNG

Das Ziel der Rehabilitation besteht in diesem Fall darin, einer Muskelatrophie so weit wie möglich vorzubeugen und eine Sklerose einzuschränken, bis eine mögliche Reinnervation eintritt.

Die hier behandelte Technik betrifft die Stimulation der Streckmuskeln der Finger und des Handgelenks mit Hilfe der Programme **Denerviert**. Um einen komplett denervierten Muskel zu stimulieren, werden breitbandige Rechteckimpulse (zwischen 50 und 200 ms) eingesetzt, da die denervierte Muskelfaser nur schwach reizbar ist. Man benötigt daher eine große Menge an elektrischer Energie, um die Reizschwelle zu erreichen.

METHODE

1 - Protokoll

Komplett automatisch oder **Komplett manuell** der Kategorie **Denerviert**

Wenn man die genauen Parameter der Stimulation nicht kennt (dazu benötigt man die genauen Ergebnisse eines vor kurzem erstellten Elektromyogramms), sollte man das Programm **Komplett automatisch**

verwenden (der Complex 3 arbeitet mit den Standardwerten).

2 - Elektroden

Selbstklebende Elektroden sind nicht gut zur Stimulation von denervierten Muskeln geeignet. Weiche Carbonelektroden sind in diesem Fall vorzuziehen. Die Größe sollte dabei so gewählt werden, dass die Elektroden alle Muskelfasern abdecken, die stimuliert werden sollen.

Im Programm **Denerviert** arbeiten wir bipolar, d.h. dass der positive und der negative Pol indifferent sind.

Die beiden Elektroden mit Gel versehen und transversal auf dem Muskelbauch anbringen (dabei die Sehnenpartien aussparen). Ihre Größe wurde vorher zugeschnitten, um ein Maximum an Muskelfasern abzudecken. Sie müssen also die gesamte Muskelbreite abdecken.

3 - Stimulationsenergie

Man soll immer mit der maximal erträglichen Intensität arbeiten, um eine höchstmögliche räumliche Beanspruchung zu erhalten.

Aus Sicherheitsgründen ist im Programm **Denerviert** die Maximalintensität auf 30 mA begrenzt.

4 - Behandlungsablauf

Im Automatikmodus haben die Impulse eine Länge von 100 ms und werden alle zwei Sekunden wiederholt (Frequenz 0,5 Hz). Bei jedem Impuls reagieren die Muskelfasern mit einem einfachen Zucken.

5 - Dauer und Frequenz

Die Behandlung dauert 8 Minuten und ist fünf Mal die Woche bis zu einer möglichen Reinnervation zu wiederholen. Sie wird abgebrochen, wenn die Reinnervationsfristen überschritten sind.

Im Verlauf der Rehabilitation sollten die denervierten Muskeln regelmäßig mit dem Programm **Muskelatrophie** getestet werden, um das Auftreten eines eventuellen Reinnervationsbeginns zu kontrollieren. In diesem Fall sind die Dreieckimpulse zu wählen, d.h. die Impulse, die sich für die Stimulation der partiell denervierten Muskeln eignen (siehe weiter unten, Situation / Beispiel 4).

4) Situation 4

Partielle Denervation, innerhalb der reinnervationsfrist

Beispiel:
**PARALYSE DES
PERONÄUSNERVS**

Die Befragung des Patienten ergibt:

- Stelle der Verletzung: Es handelt sich um eine Komplikation einer Kniegelenkttotalprothese
- Zeitpunkt der Verletzung: Der Eingriff fand vor 45 Tagen statt.

Erste Frage:
Ist die Frist der Reinnervation überschritten?

Der Abstand zwischen der Verletzung und den motorischen Reizpunkten der Peronäusloge beträgt ungefähr 15 Zentimeter, die Reinnervationsfrist beträgt daher ungefähr fünf Monate. Da die Verletzung erst anderthalb Monate alt ist, ist die Reinnervationsfrist nicht überschritten.

Zweite Frage:
Handelt es sich um eine komplette oder partielle Denervation?

**Test auf eine komplette
oder partielle Denervation
der peronäusloge**

1 - Protokoll

Muskelatrophie Stufe 1

2 - Elektrodenplatzierung

Es wird ein Stimulationskanal eingesetzt. Eine kleine positive Elektrode wird unterhalb des Tibiaköpfchens befestigt, wo der N. Peroneus Communis verläuft. Die negative Elektrode (groß) wird transversal auf der mittleren Höhe der lateralen Unterschenkelseite angebracht.

3 - Ergebnisse

Wenn man die Energie langsam erhöht, visualisiert man eine unvollkommene Bewegung der Dorsalflexion des Knöchels sowie eine beginnende Eversion des Fußes.

SCHLUSSFOLGERUNG

Der Patient leidet an einer Paralyse des Peronäusnervs mit partieller Denervation der Muskeln der Peronäusloge. Es besteht Aussicht auf eine Reinnervation der denervierten Muskelfasern.

PRAKTISCHE BEHANDLUNG

Bei einem denervierten Muskel bestehen verschiedene Therapiemöglichkeiten für eine Rehabilitation. Siehe Auswahl von Form und Parameter des Impulses (Denervierte Muskeln – Theorie)

Je nach klinischen Umständen und Lehrmeinung, kann der innervierte Teil des Muskels mit rechteckigen zweiphasigen Kurzimpulsen mit den Programmen **Neurostimulation** behandelt werden.

Es ist jedoch sehr wichtig, der Atrophie vorzubeugen und das Phänomen der denervierten Fasern zu begrenzen. Dazu müssen die Impulse mit Flankensteilheit der Programme **Teilweise automatisch** oder **Teilweise manuell** eingesetzt werden.

METHODE

1 - Protokoll

Teilweise automatisch oder **Teilweise manuell**

Wenn man die genauen Parameter der Stimulation nicht kennt (dazu benötigt man die genauen Ergebnisse eines vor kurzem erstellten Elektromyogramms), sollte man das Programm **Teilweise automatisch** verwenden (der Compex 3 arbeitet mit den Standardwerten).

2 - Elektroden

Selbstklebende Elektroden sind nicht gut zur Stimulation von denervierten Muskeln geeignet. Weiche Carbonelektroden sind in diesem Fall vorzuziehen. Die Größe sollte dabei so gewählt werden, dass die Elektroden alle Muskelfasern abdecken, die stimuliert werden sollen.

Im Programm **Denerviert** arbeiten wir bipolar, d.h. dass der positive und der negative Pol indifferent sind.

Die beiden Elektroden mit Gel versehen und transversal auf dem Muskelbauch anbringen (dabei die Sehnenpartien aussparen). Ihre Größe wurde vorher zugeschnitten, um ein Maximum an

Muskelfasern abzudecken. Sie müssen also die gesamte Muskelbreite abdecken.

3 - Automatische Steilheitssuche

Platzieren Sie die Elektroden auf den zu stimulierenden Muskel und bestätigen Sie die Wahl des Programms **Teilweise automatisch** (oder manuell), indem Sie auf START drücken.

Das Programm beginnt mit der automatischen Suche der Flankensteilheit, und zwar nacheinander auf allen benutzten Stimulationskanälen. Die automatische Steilheitssuche funktioniert folgendermaßen: jede halbe Sekunde (500 ms) erzeugt der Stimulator einen Impuls einer Länge von 100 ms, dessen Steilheit progressiv ansteigt.

Sobald sich eine Reaktion des Muskels erkennbar ist, muss die + oder – Taste unter dem Schriftzug MEMO gedrückt werden. Der Stimulator speichert die Flankensteilheit. Nun beginnt die Suche nach der Flankensteilheit auf dem nächsten Kanal. Auf diese Weise kann man mit allen 4 Kanälen arbeiten und jeder Stimulationskanal verfügt über eine dem Zustand des stimulierten Muskels angepasste Neigung.

4 - Stimulationsenergie

Man soll immer mit der maximal erträglichen Intensität arbeiten, um eine höchstmögliche räumliche Beanspruchung zu erhalten.

Aus Sicherheitsgründen ist im Modus **Denerviert** die Maximalintensität auf 30 mA begrenzt.

Wenn die Intensität erhöht wird, passt der Compex 3 die Länge der Impulse so an, dass die Steilheit konstant bleibt.

5 - Behandlungsablauf

Die Dreieckimpulse werden alle zwei Sekunden wiederholt (Frequenz: 0,5 Hz).

Bei jedem Impuls reagieren die Muskelfasern mit einem einfachen Zucken.

6 - Dauer und Frequenz

Die Behandlung dauert 8 Minuten und ist fünf Mal die Woche bis zu einer möglichen Reinnervation zu wiederholen. Sie wird abgebrochen, wenn die Reinnervationsfristen überschritten sind. Wenn nach Ablauf der Fristen lediglich eine partielle Reinnervation erzielt wurde, setzt man eine Amyotrophie-Behandlung ein, um eine ausgleichende Hypertrophie zu erzielen (siehe Situation 2).